

INHALT

STEIDLE	50 Jahre DEBEG — Einige Gedanken zum Seefunk	2
SCHACHTSCHNEIDER	Die DEBEG im Seefunk	9
SCHUCHMANN	Erste Seefunk-Nachrichtengeräte für die DEBEG nach 1945.....	13
LUDWIG/PILZ	Empfangsgeräte für den Schiffsfunk	15
GAWLICK	Sendertechnik für Küstenfunkstellen	19
SCHARWÄCHTER	Fernsprechanlagen auf Schiffen	23
DEEG	Siemens-Schiffsleitstände	25
HEINE	Schiffs-Antennenanlagen für Rundfunkempfang	29
HENNING	Fernwirkanlagen in der Bahnstromversorgung	31
WIRÉN	Raumschutz mit elektromagnetischen Feldern	36
HEYWANG/FENNER/ SCHÖFER	SIBATIT W, eine neue Titanatkeramik	40
HÄUSLER	Magnetischer Zielspeicher mit statischer Abfragung durch Hallgeneratoren zur kontaktlosen Steuerung des Fertigungsflusses	45
MÜLLER	Untersuchung der Spannungskurvenform von Prüftransformatoren an einem Modell	50
EDELMANN	Berechnung des optimalen Verbundbetriebes in Energieübertragungsnetzen	57
TECHNISCHE BERICHTE		
HOBELSBERGER	200 000 Fernsprech-Nebenstellenanschlüsse in ESK-Technik	59
ALTMANN	Gleisbildstellwerke für die Schweizerische Bundesbahn	60
TREU	Wiederinbetriebnahme von Città di Roma nach der Hochwasserkatastrophe in Mittellitalien	60
KLEINE MITTEILUNG		
KIPPER	LICHTFLUTER mit Xenonlampe als Hafenbeleuchtung	62

Nachdruck mit Quellenangabe wird gern gestattet · In jedem Fall ist jedoch die Genehmigung der Schriftleitung erforderlich

Das Fotokopieren einzelner Aufsätze, auch für berufliche Zwecke, wird erlaubt



Allwellen-Empfänger in einer Schiffs-Funkstation

Empfänger für Telegrafie- und Telefonie-Sendungen im Langwellen-, Mittelwellen-, Grenzwellen- und Kurzwellenbereich;
 Tastenumschaltung (1 bis 12) für die einzelnen Teilbereiche

Die Deutsche Betriebsgesellschaft für drahtlose Telegrafie (DEBEG) blickt in diesen Tagen auf ihr 50jähriges Bestehen zurück.

Die Arbeit und das Bemühen dieser uns nahestehenden Gesellschaft gilt dem Ziel, durch den Einsatz elektronischer Nachrichtengeräte jeder Art zur Sicherheit auf See wesentlich beizutragen. In ihrer Geschichte spiegelt sich die Entwicklung der nur wenig älteren Seefunktechnik wider: 1911 sind es einfache Telegrafie-Sender, mit denen die ersten Schiffe ausgerüstet werden. Zehn Jahre später gibt es bereits Peilgeräte. Und weitere zehn Jahre danach verfügen viele große Schiffe sowohl über Telegrafie- als auch Telefonanlagen im Mittel- und Kurzwellenbereich sowie über hochentwickelte Peilanlagen. Heute sind in der Schiffsausrüstung neuzeitliche Funk-Ortungsgeräte ebenso selbstverständlich geworden wie Geräte für die Nachrichtenverbindungen zwischen den Schiffen selbst und den Nachrichtennetzen aller Länder.

Die DEBEG ist an dieser Entwicklung nicht nur mit ihren Lieferungen von Geräten und Anlagen beteiligt. Sie hat es immer als ihre Aufgabe betrachtet, die Reeder bei der Einführung neuer Nachrichten- und Navigations-Funkgeräte, bei der Planung und beim Einbau der Anlagen fachmännisch zu beraten. In dieser Linie liegt es, daß sie gemeinsam mit ausländischen Funkbetriebsgesellschaften einen weltweiten Wartungsdienst für alle Schiffsfunkanlagen unterhält.

Das Haus Siemens hat der Geschäftsleitung und den Mitarbeitern der DEBEG zum 50jährigen Bestehen seine besten Grüße und Wünsche für weitere erfolgreiche Arbeit übermittelt.

Das Jubiläum sei zum Anlaß genommen, in einer Aufsatzreihe Geleistetes zu würdigen und neue Aufgaben aufzuzeigen.

50 Jahre DEBEG

Einige Gedanken zum Seefunk

VON WOLFGANG EMANUEL STEIDLE

Die Sicherheit menschlichen Lebens auf See zu erhöhen, indem man die Schiffe ständig mit wichtigen Nachrichten für ihre Fahrt versorgt und ihnen ununterbrochen Gelegenheit gibt, mit anderen Schiffen und Landstationen in Verbindung zu treten, ist eine mächtige Triebfeder für die Entwicklung des Seefunks. Sie ist, seit den Menschen die ersten Funkversuche gelangen, bis auf den heutigen Tag gleich wirksam geblieben.

So ist es verständlich, daß der Seefunk schon um die Jahrhundertwende eines der ersten Anwendungsgebiete der eben entstandenen Funktechnik wurde. Es ist auch verständlich, daß er in der Telefunken-Gesellschaft für drahtlose Telegraphie m.b.H., die 1903 von der Allgemeinen Electricitäts-Gesellschaft und der Siemens & Halske AG gegründet wurde, von Anfang an einen besonders wichtigen Platz einnahm. 1908 wurde der Seefunk in den »Internationalen Telefunken-Betrieb« übergeführt. 1911 ist die DEBEG, Deutsche Betriebsgesellschaft für drahtlose Telegrafie m.b.H., zur Wahrnehmung des Seefunks, als selbständige Betriebsgesellschaft gegründet worden. Ihre Aufgabe ist die Planung, der Einbau und die Wartung von Seefunkanlagen, die von dem Reeder gekauft oder gemietet werden können. Wie später näher ausgeführt, gehört die DEBEG einem internationalen Zusammenschluß ähnlicher Gesellschaften der Welt an, der zur gegenseitigen Abwicklung des Leistungs-, Wartungs- und Betreuungsgeschäftes gegründet wurde.

Die Geschichte der DEBEG ist gleichlaufend ein Stück Geschichte der Funktechnik, und wenn auch heute andere Funkdienste größere Bedeutung als der Seefunk gewonnen zu haben scheinen, so darf doch nie vergessen werden, wie wichtig er für die Seefahrt, diesen ältesten Verkehrszweig, ist und bleiben wird. Eine alteingesessene, in ihrer Einfachheit des Konzeptes bewährte Technik, die sich in mehr als fünfzigjähriger Anwendung das Vertrauen der Schifffahrt erworben hat, ist in den anerkannten Erfahrungsschatz der traditionsreichen Zunft der Seefahrer eingegangen. Sie ist aus diesem Anwendungsbereich nicht mehr wegzudenken, aber auch widerstandsfähiger geworden in der Enge der Verbindung mit der Schifffahrt gegen jeden zu plötzlichen, zu großen Schritt neuer Entwicklung. Diese vorsichtige Skepsis hat ihren Grund nicht nur in einer befürchteten Breitenwirkung der wirtschaftlichen Folgen, sondern auch in der lieben Gewohnheit an das Herkömmliche.

Wo diese Tradition nicht so wirksam ist, wo neuartige Anwendungen der Funktechnik der Seefahrt neue Möglichkeiten eröffnen, findet sich aufgeschlossene Bereitschaft nicht nur im Mitbenutzen gesicherter neuer Funkmittel, sondern auch Freude am Experimentieren und aktiven Mitwirken an fortschrittlicher Entwicklung der Technik.

Ausgehend vom Stand der heutigen Schiffsfunktechnik mit ihren Hauptzweigen des Nachrichtenfunks, der Funkortung, der Seenotgeräte und ihren Beziehungen zueinander soll im folgenden ein Ausblick auf naheliegende Weiterentwicklungen gegeben werden, soweit diese heute schon mit einiger Sicherheit überblickt werden können.

Funknachrichtentechnik

Den Ausgangspunkt der Seefunk-Nachrichtentechnik, auf den sich die folgenden Ausführungen über die neuere Entwicklung beziehen, bildet die Morsetelegrafie auf mittleren und kurzen Wellen in den Betriebsarten tonlose Telegrafie (A1) und tönende Telegrafie (A2) sowie die Funktelefonie auf Grenz- und Kurzwellen mit der Betriebsart Telefonie (A3). Die Mittelwellen-Telegrafiegeräte gehören zur Pflichtausrüstung der Schiffe über 1600 BRT, wogegen die kleineren, zwischen 300 BRT und 1600 BRT, gesetzlich verpflichtet sind, wenigstens Grenzwellen-Funksprechanlagen an Bord zu führen. Diese Ausrüstungspflicht fußt auf internationalen Verträgen über die Sicherheit menschlichen Lebens auf See und technischen sowie organisatorischen zwischenstaatlichen Vereinbarungen über das Fernmeldewesen.

Die praktische Ausrüstung der Schiffe geht entsprechend den verschiedenartigen Verkehrsbedürfnissen ihres wirtschaftlichen Anwendungszwecks über die gesetzlich vorgeschriebene in mannigfaltiger Weise hinaus. So entstehen kombinierte Stationen größeren Umfangs, die die Pflichtausrüstung in der Regel um ein Mehrfaches überschreiten (Bilder 1, 2, 3).

Entsprechend den physikalisch gegebenen Ausbreitungsbedingungen der elektromagnetischen Wellen werden seit langem drei Frequenzbereiche unterschieden:

1. Mittelwelle (405 bis 535 kHz) ausschließlich für Telegrafie über Entfernungen bis zu etwa tausend Seemeilen;



Bild 1 Fahrgast-Turbinenschiff »Bremen« des Norddeutschen Lloyd. Am Vormast sind zwei Radar-Drehantennen sowie auf seiner Spitze die UKW-Seefunkantenne sichtbar; über dem Brückenhaus ist der Peilrahmen angeordnet

2. Grenzwelle (1605 bis 3800 kHz) überwiegend für Funksprechverkehr bis zu Entfernungen von einigen hundert Seemeilen;
3. Kurzwelle (4 bis 27,5 MHz), und zwar stehen der Seefahrt sieben Frequenzbänder im 4-, 6-, 8-, 12-, 16-, 22- und 25-MHz-Bereich zur Verfügung. Die Kurzwelle wird für globalen Weitverkehr mit Telefonie und Telegrafie benutzt.

Wie bei anderen Funkdiensten wurden auch beim Schiffsfunk zunächst Langwellen, dann Kurzwellen und schließlich Ultrakurzwellen (156 bis 174 MHz) eingesetzt. Gestützt auf die Entwicklung des frequenzmodulierten UKW-Sprechfunks im beweglichen Landfunkdienst mit der hohen Stabilität der Nachrichtenverbindungen und der leichten Bedienbarkeit seiner Geräte, auch von ungeschultem Personal, wird diese neue Technik an Bord der Schiffe in rasch zunehmendem Umfang, auch auf der Brücke, eingeführt. Dieser Einsatz dient im Sinne einer Erhöhung der Schiffssicherheit zur unmittelbaren Verständigung der Nautiker von Schiff zu Schiff, mit Hafenbehörden, Lotsen, Schleusen und Schleppern, ferner mit den ständig mehr eingeführten Landradaranlagen, die in der Schifffahrt in naher Zukunft eine der Flugsicherungskontrolle verwandte Aufgabe erfüllen werden. Hier vollzieht sich eine neuartige Vereinigung der beiden Disziplinen der Funknachrichten- und der Funknavigationstechnik an Bord in einem Sprechgerät. Dieses Gerät wird neben den bisher üblichen Bordfunkgeräten auch beim kommerziellen und privaten Nachrichtenaustausch zwischen Schiff und Land große zusätzliche Bedeutung gewinnen. Das trifft unbedingt dort zu, wo das Verkehrsbedürfnis wegen des Mangels an Grenz-

und Kurzwellen in Küstennähe immer unzulänglicher, im Hafen aber wegen internationaler gesetzlicher Vereinbarungen überhaupt nicht befriedigt werden kann. Die breite Einführung des UKW-Seefunks wird eine Verkehrsentslastung des Grenzwellen-Sprechfunks bringen, des normalerweise einzigen Nachrichtensmittels der kleineren Schifffahrt. Damit wird auch in diesem Bereich die Möglichkeit entscheidend verbessert werden, mit Grenzwellen-Notrufen und -Notverkehr zu raschem Gehör und sicherer Hilfeleistung zu kommen.

Langsam, aber mit großer Sicherheit – und zwar aus technischen und betriebsorganisatorischen Gründen – wird sich in der Seefunk-Kurzwellen-Telefonie die Einseitenbandtechnik einführen. Dies wird in erster Linie in der Passagierschifffahrt der Fall sein, weil dort der Bedarf an Sprechverbindungen mit dem Festland zunächst am größten ist und auch zuerst der Wunsch nach schnellem Herstellen der Verbindungen entsteht. Die heutigen Wartezeiten im Weitsprechverkehr der Passagierschiffe haben folgende Ursachen: Mit wachsendem Nachrichtenverkehr reichen die verfügbaren Kurzwellen-Sprechkanäle nicht mehr aus; gleichzeitig tritt damit eine Überlastung der Küstenfunkstellen und der Bordfunkstationen ein.

Die Anzahl der verfügbaren Sprechkanäle läßt sich beim Übergang zur Einseitenbandtechnik (Betriebsart A3A) annähernd verdoppeln; besonders aber werden die Einseitenbandverbindungen bei der – aus Gründen des wirtschaftlichen und elektrischen Aufwandes – begrenzten Größe der Bordstationen ganz erheblich einfacher herzustellen und stabiler und besser in ihrer Übertragungsqualität sein. Das führt zusätzlich zu einer Entlastung des Personals beiderseits der Funkverbindung und zu einem erheblich besseren Verhältnis zwischen

Belegungs- und Nutzungszeiten der Funkkanäle. Neben diesen offensichtlichen Vorteilen für Reeder und Benutzer wird diese Entwicklung stark gefördert werden durch die Notwendigkeit immer besserer Ausnutzung des naturgegeben begrenzten Frequenzbandes, das für solche Weitverbindungen zur Verfügung steht.

Funkortung

Dem Funknachrichtengebiet in seiner engen Begriffsauslegung als Technik der Übermittlung in Worte gefaßter Nachrichten in Schrift und Sprache mit Hilfe von Telegrafie und Telefonie hat sich als neuerer Zweig der Anwendung in der Schifffahrt das Gebiet der Funkortung angeschlossen. Schon Anfang der zwanziger Jahre ist der Funkpeiler als navigatorisches Hilfsmittel eingeführt worden. Seine Anwendung stützt sich mittlerweile auf ein weltweit ausgedehntes, international vereinbartes Netz von Funkfeuern.

Die großen Fortschritte in der Entwicklung von Röhren für hohe Frequenzen und große Leistungen sowie die Impulse, die der Krieg der Funkortungstechnik gegeben hat, führten zu neuen Navigationsverfahren und zur Radartechnik. Die im wesentlichen für taktischen Einsatz entwickelten Radargeräte und Navigationsverfahren sind später in der Handelsschifffahrt der Welt in breitem Maße angewendet worden. Außer der Anwendung der Radartechnik für Kollisionsschutz und Ortung in unmittelbarer Küstennähe haben die Hyperbel-Navigationsverfahren für die Navigation auf See Eingang in die Schifffahrt gefunden. Beide haben ihre eigene Bedeutung und ergänzen einander.

Funkeigenpeilung

Die ortsfesten Funkfeuer des internationalen Peilnetzes arbeiten auf langen Wellen (etwa 1000 m, 285 bis

315 kHz). Die wichtigste Entwicklung, die der Schiffspeiler seit seinen Anfängen erfahren hat, liegt in der Erweiterung seines Anwendungsbereiches auf das Grenzwelengebiet. Er hat sich nämlich trotz aller neueren, im Seefunk verwendeten Funkortungsverfahren mit ihrer z. T. größeren Genauigkeit der Ortsbestimmung als wesentliches navigatorisches Hilfsmittel erhalten. Das verdankt der Peiler seiner Bedeutung beim Auffinden in Seenot geratener Schiffe, weil mit ihm die internationalen Seenotfrequenzen angepeilt werden können und so eine Zielfahrt auf sie möglich ist. Peilung und Zielfahrt auf der Grenznotwelle (2182 kHz) sind durchaus zeitgemäße Forderungen. Das ist darin begründet, daß viele kleine Schiffe (unter 1600 BRT), die normalerweise nur mit Grenzwellen-Sprechfunkgerät ausgerüstet sind, gerade die unfallgefährdeten Seegebiete großer Verkehrsdichte mit den großen telegrafieberüsteten Schiffen teilen und daher auf deren Hilfsbereitschaft besonders angewiesen sind.

Hier liegt eine Aufgabe, die besonderer Untersuchungen noch bedarf: Die Abmessungen der elektrisch leitenden Schiffsaufbauten, besonders der großen Schiffe, kommen in die Größe der Viertelwellenlänge, die der anzupeilenden Frequenz entspricht. Dies hat Verzerrungen des Peilfeldes zur Folge, deren systematisches Studium zwar aufwendig, aber nötig ist, um Maßnahmen zur Beseitigung der störenden Einflüsse treffen zu können.

Der Weltnachrichtenverein (UIT, Union Internationale des Télécommunications, Genf) hat in seiner technischen Funkkonferenz (CCIR, Comité Consultatif International des Radiocommunications, Genf) in Los Angeles 1959 dem Studium dieser Probleme eine Frage (Question No. 206/XIII) gewidmet und alle Mitgliedstaaten aufgefordert, Beiträge dazu zur nächsten Konferenz vorzu-

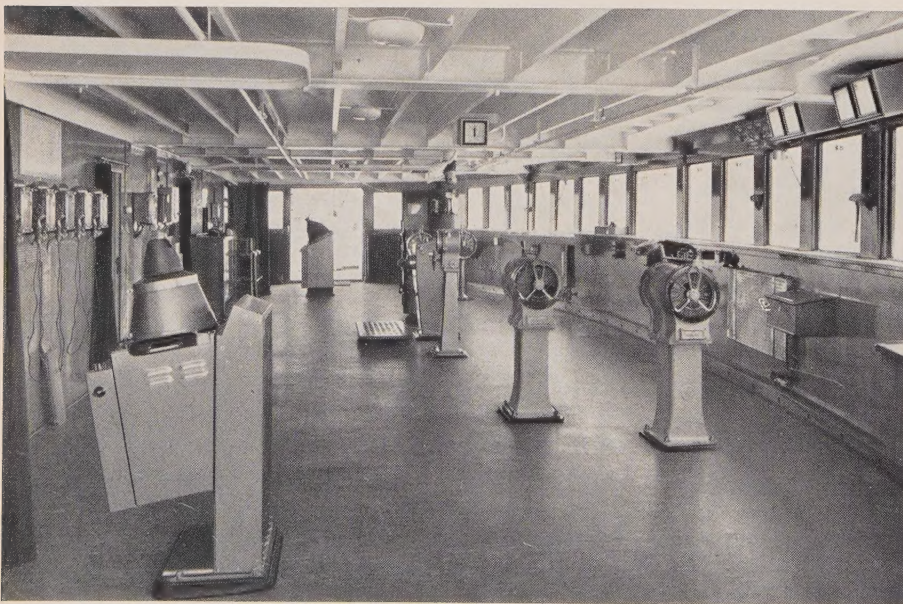


Bild 2 Brücke TS »Bremen«
mit zwei Radar-Sichtgeräten
(3- und 10-cm-Anlagen)

legen. Die Schiffssicherheitskonferenz in London 1960 hat dieses Begehren unterstützt und die Zwischenstaatliche Beratende Schifffahrtorganisation (IMCO, Intergovernmental Maritime Consultative Organization, London) beauftragt, sich auch ihrerseits der Lösung dieser Aufgabe besonders anzunehmen.

Radartechnik

Schon im Jahre 1904 erhielt der deutsche Ingenieur HÜLSMEYER ein Patent für die Ortung von Schiffen nach dem Echoprinzip mit Hilfe elektromagnetischer Wellen. Ein Sender strahlt einen kurzen Impuls aus, der von dem in dem Erfassungsbereich befindlichen Schiff reflektiert und im Empfänger des ortenden Schiffes wieder aufgenommen wird. Aus der Laufzeit der elektromagnetischen Welle wird die Entfernung und mit Hilfe der Strahlungsscharakteristik der Antenne die Richtung erhalten. Dieses Verfahren konnte erst 30 Jahre später mit Hilfe der in der Zwischenzeit weit fortgeschrittenen Technik auf dem Hochfrequenzgebiet praktisch ausgewertet werden. In der Handelsschifffahrt tragen die Radargeräte bei unsichtigem Wetter wesentlich zur Sicherheit bei. Die Reichweite der Geräte entspricht annähernd der optischen Sicht. Sehr kleine Schiffe müssen mit Radarreflektoren ausgerüstet werden; jedoch ist deren Entwicklung noch nicht abgeschlossen.

Als selbständige Einheit ist das Radargerät auf keine Gegenstation angewiesen. Es ist gleichzeitig das einzige der Schifffahrt zur Verfügung stehende Kollisionsschutzmittel. Die beiden Wellenlängen, die für Schiffsradargeräte üblich geworden sind, nämlich 3 cm und 10 cm, haben sich in der Praxis bewährt. In engen Fahrwässern und bei dichtestem Verkehr wird wegen der besseren Auflösungsseigenschaften bei wün-

schenswert kleinen Abmessungen des rotierenden Antennensystems die kürzere Wellenlänge bevorzugt.

Die Panorama-Darstellung auf einer Braunschen Röhre, starr gekoppelt mit der Ausrichtung des Schiffes, ist auch heute noch die häufigste Anzeigeart für Schiffsradargeräte. Das bedeutet also, daß die Vorausrichtung des Schiffes stets nach oben zeigt und alle Zielbewegungen relativ dazu dargestellt sind. Andererseits aber zeichnet sich die Tendenz ab, von dieser relativen zu einer absoluten Anzeige der Zielbewegungen im Radarbild überzugehen. Hierbei gibt man auch den Kurs und die Geschwindigkeit des eigenen Fahrzeuges in das Gerät ein. Damit wird das Anzeigebild nordstabilisiert: Festziele werden auf dem Bildschirm unbeweglich dargestellt, während der das eigene Schiff kennzeichnende Lichtfleck über den Schirm wandert und mit seiner Vorausanzeige den rechtweisenden Kurs des Schiffes anzeigt.

Diese absolut anzeigenden (true-motion-) Radargeräte erleichtern die Bildauswertung erheblich und verringern den an Bord notwendigen Arbeitsaufwand zu sicherer Schiffsführung in Revieren und verkehrsdichten, engen Gewässern wesentlich. Das Umlernen freilich nach der über zehnjährigen Gewöhnung an das Relativbild bereitet auch hier gewisse Schwierigkeiten – von dem wirtschaftlichen Moment des erforderlichen größeren Ausrüstungsaufwandes ganz abgesehen.

So einfach die Wirkungsweise des Radargerätes auf den ersten Blick dem Nautiker erscheint, so schwierig erweist sich seine kunstgerechte Anwendung doch immer wieder in der praktischen Navigation, namentlich zur sicheren Vermeidung von Kollisionen. Die vielbesprochenen Kollisionen trotz Radar geben ein Zeugnis davon und haben oft die Frage nach der technischen Zuverlässigkeit der

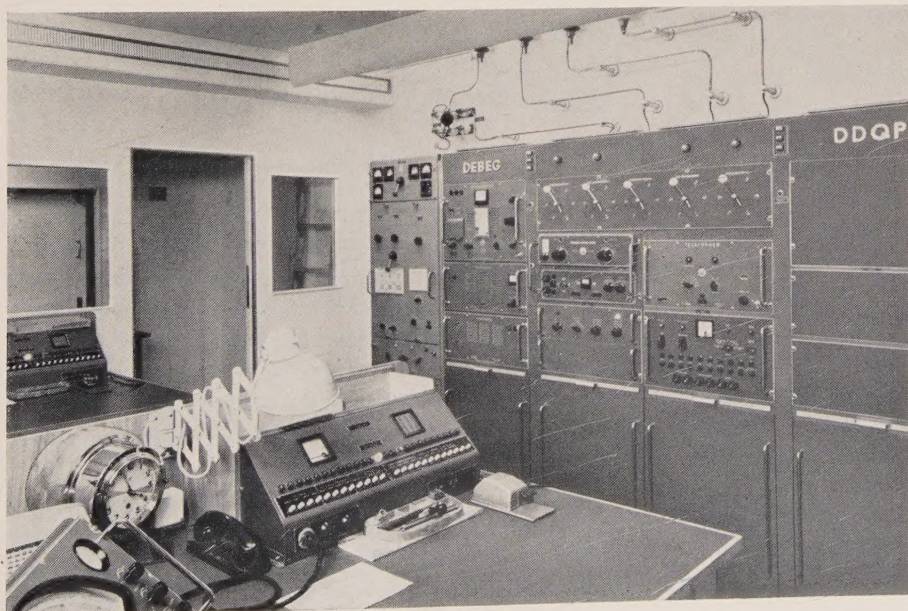


Bild 3 Sendeanlage
der Funkstation TS »Bremen«

Anlagen in diesem Zusammenhang stellen lassen. Die systematische Sammlung aller solcher in ihren Umständen genauer bekannt gewordenen Fälle zeigt indes die überraschende Tatsache, daß ausnahmslos menschliches Versagen in der navigatorischen Auswertung des Radarbildes den Kollisionsgrund bildete.

Diese Erkenntnis unterstreicht die Notwendigkeit, der systematischen Ausbildung der Kapitäne und nautischen Schiffsoffiziere in Gebrauch und Anwendung des Radargerätes zum Kollisionsschutz ungleich größere Beachtung zu schenken, als dies die augenscheinliche Einfachheit der Bilddarstellung auf den ersten Blick zu erfordern scheint. Jedoch auch die internationalen Regeln für die Benutzung der Wasserwege, die in der Seestraßenordnung niedergelegt sind, bedürfen dringend der Berücksichtigung des Umstandes, daß das Radarschiff bei unsichtigem Wetter nicht mehr ohne Informationen über seine Umgebung navigiert, freilich aber mit solchen, die der optischen Sicht zwar ähneln, aber mit ihr nicht identisch sind. Beide Wege müssen gleichzeitig beschritten werden und werden nicht ohne Einfluß aufeinander bleiben. Einen ersten Schritt zur Einbeziehung der Radarnavigation in die Seestraßenordnung hat die Schiffssicherheitskonferenz in London (1960) bereits getan.

Für die kunstgerechte Ausbildung der Nautiker ist im Schiffsradarsimulator ein Hilfsmittel entstanden, das in Kürze eine Schlüsselstellung in allen Seefahrtsschulen einnehmen und sicher dazu beitragen wird, die heute noch bestehenden Gefahren irrümlicher Interpretation der Radarinformationen an Bord entscheidend herabzusetzen. Wie in anderen Ländern sollten sich auch in Deutschland Regierung, Schulen und Reeder eng zusammenschließen, um rasch und gründlich nicht nur dem in Ausbildung befindlichen Nachwuchs, sondern auch den bereits in der Fahrpraxis stehenden Nautikern eine gründliche Schulung am Radarsimulator zu verschaffen.

Wenn man noch ein Wort der dringend notwendigen Entwicklung brauchbarer Radarreflektoren für kleine Fahrzeuge widmet, so ist damit ein Problem angeschnitten, dessen Lösung nicht nur die Kollisionsgefahr mit kleinsten Fischerei- und Küstenfahrzeugen bei unsichtigem Wetter für radarberüstete Schiffe herabsetzen könnte, sondern es auch ermöglichen würde, die Markierung von Unfallorten und die organisierte Suche Schiffbrüchiger erfolgreicher zu machen.

Hyperbel-Navigation

Die Radaranlage ergibt eine Ortung im Nahbereich um das Schiff, wogegen die Hyperbel-Navigationsverfahren eine Ortung auf Entfernungen bis zu Hunderten und z. T. bis zu Tausenden von Seemeilen ermöglichen. Eine Reihe von Verfahren wurde für die Navigation und taktische Führung von Schiffen und Flugzeugen während des Krieges entwickelt. Für die Handelsschifffahrt

sind heute die Verfahren CONSOL, LORAN und DECCA von Bedeutung; sie haben ein breites Anwendungsfeld in der Handelsschifffahrt gefunden. Bei allen Verfahren sind an Land ortsfeste Sendergruppen aufgebaut, deren Signale an Bord aufgenommen werden und Hyperbeln oder hyperbelähnliche Linien liefern, Standlinien genannt, deren Schnittpunkte eine zuverlässige Ortsbestimmung ergeben.

Das in USA entwickelte Standard-LORAN-Verfahren verwendet regelmäßig gesendete Pulse hoher Leistung im Frequenzgebiet um 2 MHz. An Bord kann die Bodenwelle oder die Raumwelle ausgewertet werden, so daß Reichweiten bis etwa 3000 sm möglich sind. Das in Großbritannien entwickelte DECCA-Verfahren arbeitet mit unmodulierten Wellen (Betriebsart AO) und liefert eine größere Genauigkeit, jedoch nur bis zu Entfernungen von etwa 400 sm. Bei dem CONSOL-Verfahren wird eine fächerförmige Antennencharakteristik innerhalb einer Minute langsam gedreht. An Bord werden je nach Lage des Schiffes zum Sender Punkte oder Striche mit einem normalen Schiffsempfänger empfangen, deren Anzahl die Richtung zum Sender angibt. Die Genauigkeit dieses Verfahrens ist geringer als beim DECCA-System; es erfordert jedoch außer den normalen an Bord vorhandenen Schiffsempfängern keinerlei zusätzliche Einrichtung.

Die Feststationen für das LORAN-System sind an den Küsten des Atlantiks und des Indischen Ozeans aufgebaut. Im europäischen Raum sind DECCA-Ketten in Großbritannien, Frankreich, Deutschland, Schweden, Dänemark, Spanien und Norwegen in Betrieb und weitere Anlagen geplant. Auch in Indien, Pakistan, Kanada, im Persischen Golf und versuchsweise im Hafengebiet von New York sind DECCA-Ketten im Einsatz. Die hohe Genauigkeit der Ortsbestimmung des DECCA-Systems, gepaart mit der Möglichkeit automatischer Aufzeichnung der Fahrtwege und der für die Fischerei damit gegebenen Erleichterung, einmal festgestellte Fanggründe in mehrfachem, genau gezieltem Anlauf systematisch zu durchpflügen, macht dieses Ortungssystem zu einem wichtigen Hilfsmittel erfolgreicher Hochseefischerei.

Seenotgerät

Für Technik und Betrieb der Seenotgeräte kommt neben der seit langem in Gebrauch befindlichen Telegrafie-Notfrequenz 500 kHz der internationalen Telefonie-Notfrequenz 2182 kHz (A3) eine stetig steigende Bedeutung zu. Ausführliche Vorschläge in dieser Richtung wurden bereits auf einer regionalen Seefunkkonferenz in Göteborg 1955 von den Anliegerstaaten der Nord- und Ostsee ausgearbeitet und zu weltweiter Anwendung empfohlen.

Die Weltnachrichtenkonferenz, Genf 1959, und die Schiffssicherheitskonferenz, London 1960, haben dieser Entwicklung Rechnung getragen. Auch die Internationale Zivile Luftfahrtvereinigung (ICAO) ist an dieser Ent-

wicklung interessiert, da der Grenzwellen-Notfrequenz 2182 kHz große Bedeutung für eine Verständigung zwischen Luft- und Wasserfahrzeugen in Notfällen auf See zukommen dürfte.

Die sehr unterschiedlichen Entwicklungen der Techniken des Luft- und Seeverkehrs auf dem Funknachrichtengebiet haben das einst vorausschauend geplante Konzept gemeinsamen Seenotdienstes mit Hilfe der Morsetelegrafie auf der Frequenz 500 kHz gestört. Innerhalb der Schifffahrt ist Morsetelegrafie nur großen Einheiten zumutbar, die sich einen hauptamtlichen Funkoffizier leisten können; die Kleinschifffahrt aber bedient sich der Grenzwellen-Telefonie und arbeitet im Notfall auf 2182 kHz. Die sehr schnelle Steigerung der Flugeschwindigkeiten läßt Antennengebilde für wirkungsvolle Abstrahlung von 500 kHz unmöglich unterbringen und zwingt gleichzeitig aus Zeitmangel zum Übergang auf direkten Sprechverkehr zwischen Pilot und Bodenstelle. Hierfür haben sich neben Kurzwellen-Telefoniegeräten amplitudenmodulierte Ultrakurzwellen-Geräte, die im 120-MHz-Bereich arbeiten, als vorteilhaft eingeführt.

So ist eine Spaltung des Seenotbetriebes eingetreten zwischen großen Schiffen, kleinen Schiffen und Flugzeugen, deren Überbrückung ein Anliegen aller an der Sicherheit menschlichen Lebens auf See Interessierten sein muß. Diese Spaltung zu überwinden wird bestimmt nicht leicht und auch nicht ohne Kompromisse zu bewerkstelligen sein. Es ist nicht nur eine technisch komplizierte und auch nicht bloß eine durch traditionsbedingtes Fühlen vorbelastete Aufgabe, die hier der Lösung harret. Es ist auch eine Frage eines sorgfältig abzuwägenden technischen, betrieblichen und wirtschaftlichen Kompromisses zwischen einer großen Anzahl untereinander gegenläufiger und sich überschneidender Einflußkomponenten. Immerhin hat es bei Beachtung aller Gesichtspunkte den begründeten Anschein, als würde der Grenznotwelle 2182 kHz (A3) der Preis zufallen, diese Brücke wieder herzustellen, allein oder doch wenigstens neben den anderen Not- und Sicherheitsfrequenzen 500 kHz (A1 und A2), 8364 kHz (A1 und A2), 121,5 MHz (A3) und 156,8 MHz (F3). Für diesen Gedanken spricht auch die Tatsache, daß sich die großen Schiffe (über 1600 BRT), deren Pflichtausrüstung sich auf Mittelwellen-Telegrafie (mit der Notfrequenz 500 kHz) beschränkt, aus Gründen ihres eigenen Verkehrsbedarfes freiwillig in steigendem Ausmaß zusätzlich mit Grenzwellen-Telefonie (mit der Notfrequenz 2182 kHz) ausrüsten. Sie kommen damit in die Lage direkter Verkehrsmöglichkeit mit den kleinen Schiffen. Die Schiffssicherheitskonferenz, London 1960, hat dieser Entwicklung ausdrücklich Rechnung getragen, indem sie die Ausstattung der mit Grenzwellen-Telefonie ausgerüsteten Schiffe mit Wachlautsprechern auf der Brücke vorsieht, die die ununterbrochene Überwachung der Grenznotwelle in einfacher Weise ermöglichen.

Weiterhin gestützt wird diese Vorhersage dadurch, daß neben der Sprechverständigung, die immer dann allein in Betracht kommt, wenn des Morsens Unkundige in den Notbetrieb einbezogen werden müssen (Flugzeug, Kleinschifffahrt), auch die Peilbarkeit oder Zielfahrt – nicht nur aus großer Höhe, sondern auch unmittelbar über der Wasseroberfläche – von Bedeutung ist. Sowohl Flugzeugpeiler (Radiokompasse) als auch mindestens die deutschen Schiffspeiler sind ihrer technischen Auslegung nach geeignet, auf Grenzwellen wenigstens Zielfahrt zu ermöglichen.

Darüber hinaus eignet sich die Grenzwellen-Notfrequenz 2182 kHz wie keine anderen dazu, von einem unbedienten, automatischen Bakensender mit magnetischer Antenne ausgestrahlt zu werden, der batteriebetrieben zur Markierung des Unfallortes und zur Auffindung Schiffbrüchiger dienen kann. Ein derartiges Gerät ist geeignet, eine empfindliche Lücke im Schiffssicherheitswesen zu schließen. So bittere Menschenverluste, wie sie beim Untergang der »Pamir« und der »Hans Hedthoft« hingenommen werden mußten, ließen sich mit Hilfe eines solchen Gerätes gewiß erheblich verringern, wenn nicht sogar vermeiden.

Ein weiteres Seenotfunkgerät, die in Notfahrzeuge übernehmbare, schwimmfähige, tragbare Rettungsbootstation, die dem Zweck der Ankündigung eines Seenotfalles dann dient, wenn die Funkstation des havarierten Schiffes dazu nicht mehr in der Lage ist, erfährt in ihrer möglichen Handhabung durch Laien eine erhebliche Bereicherung durch Einführung der Grenznotwelle mit Funksprech-Sende- und -Empfangsbetrieb.

Sonderdienste

Einen breiten Raum im Funknachrichtenbetrieb der Handelsschiffe nehmen die von den Küstenfunkstellen regelmäßig ausgestrahlten, einseitigen Dienste ein, die der Nachrichtenversorgung auf See dienen. Besondere Bedeutung kommt dabei für die Sicherheit der Schifffahrt den meteorologischen Nachrichten zu. Die einfachste Darstellung der Wetterverhältnisse im großräumigen Zusammenhang ist die Wetterkarte. Sie gibt nicht nur guten Aufschluß über den gegenwärtigen Zustand, sondern läßt auch – namentlich in gemeinsamer Auswertung täglich aufeinanderfolgender derartiger Kartenbilder und ihrer systematischen Veränderung – gute Schlüsse auf die künftige Wetterentwicklung zu. Die Wetterkarten entstehen in den meteorologischen Instituten aus einer großen Anzahl von Einzelbeobachtungen, die von amtlichen Stationen und freiwilligen Mitarbeitern (z. B. auch an Bord der Schiffe) geliefert werden. Die fertigen Wetterkarten werden dann in ihren zusammenhängenden Grunddaten nach einem vereinbarten Code verschlüsselt und in die Form eines telegrafierbaren Textes umgewandelt; dieser wird über die Küstenfunkstellen für die Schiffe ausgestrahlt. Die Funkstationen der Schiffe nehmen diese Telegramme regelmäßig auf. Ihre Angaben

werden dann an Bord in vorbereitete Wetterkartenformulare eingetragen. Diese Übermittlungsform der Wetterkarten ist aufwendig an Zeit, was die Aktualität der Berichterstattung unzweifelhaft herabsetzt. Sie ist darüber hinaus an Bord auch aufwendig an Menschen und schränkt damit die Möglichkeit für die Schiffsführung ein, sich gleichzeitig etwa die einander ergänzenden Wetterkartenberichte des europäischen und amerikanischen Kontinents bei Ozeanüberquerung vorlegen zu lassen.

Es sind nun erfolgversprechende Versuche im Gange, die Originalwetterkarten, wie sie in den meteorologischen Instituten entstehen, unmittelbar im Faksimileverfahren von festen Funkstellen ausstrahlen zu lassen, so daß sie mit geeigneten Schreibgeräten an Bord aufgenommen werden können (Bild 4). Die Beschleunigung, die die Informationsübermittlung an den Kreis der Anwender auf der Brücke durch dieses Verfahren erfährt, verbindet sich mit dem Vorteil der Vermeidung aller der Fehler, die durch Übermittlung und Umzeichnung bei ihrer manuellen Herstellung an Bord entstehen können. Beides läßt den Wert einer breiten Einführung dieser Technik in die Handelsschiffahrt deutlich erkennen. Hinzu kommt, daß das Faksimilegerät an Bord gleichzeitig zur automatischen Aufnahme aller anderen einseitigen Dienste der Küstenfunkstellen, wie Sicherheits-, Gefahren- und auch Pressemeldungen sowie Verkehrslisten, mitbenutzt werden könnte, deren morsetelegrafische Aufnahme heute wesentliche Anteile der Arbeitszeit der Funkoffiziere beansprucht.

Ausblick

In diesem Überblick über das heutige Anwendungsfeld des Seefunks ist der Funkortungstechnik ein breiter Rah-

men gewidmet worden. Das soll nicht heißen, daß die Funknachrichtentechnik an Bord neuzeitlicher Handelsflotten an Bedeutung verloren hätte. Aber es geschah mit Recht, weil einmal die Funkortung erst in neuerer Zeit allgemein in der Welthandelsflotte eingeführt wird, und weil Aufwand und ständiger Dienstleistungsbedarf für sie zahlenmäßig jenen für die Seefunk-Nachrichtentechnik in den letzten Jahren überflügelt haben. So machen heute, in Verkaufswerten gemessen, die in der deutschen Handelsflotte schwimmenden, von der DEBEG gelieferten Radar-, DECCA-Navigator- und LORAN-Geräte, die dort zu Ende des zweiten Weltkrieges noch völlig unbekannt waren, bereits 46 % der Gesamtinvestitionen für den Seefunk aus. Rechnet man die Peilanlagen hinzu, so ergibt sich ein Ausrüstungsverhältnis von 55 % Funkortungs- zu 45 % Funknachrichtengerät der DEBEG an Bord der deutschen Handelsschiffe.

Dieser Strukturwandel hat der DEBEG ihren ganz besonderen Stempel aufgedrückt. Ihr technisches Personal muß sie in systematischen Kursen selbst schulen. Welche besonderen Aufwendungen hier zu leisten sind, wird erst verständlich, wenn man bedenkt, daß nicht nur DEBEG-eigenes Seefunkgerät beherrscht werden muß, sondern auch das Gerät, das die mit ihr verbundenen in- und ausländischen Fabrikationsgesellschaften für sie entwickeln und herstellen. Gleich sicherer Umgang mit Seefunkgerät aller Art fremder Herkunft muß wegen des vertraglichen Zusammenwirkens der DEBEG mit ihren ausländischen Partnergesellschaften ebenfalls gefordert werden. Schon seit 1928 hat sich ein internationaler Zusammenschluß der Mehrzahl der DEBEG-ähnlichen Gesellschaften der Welt zur gegenseitigen Durchführung des Dienstleistungsgeschäftes bewährt. So ist mit einem Minimum an Aufwand den Handelsschiffen aller Nationen

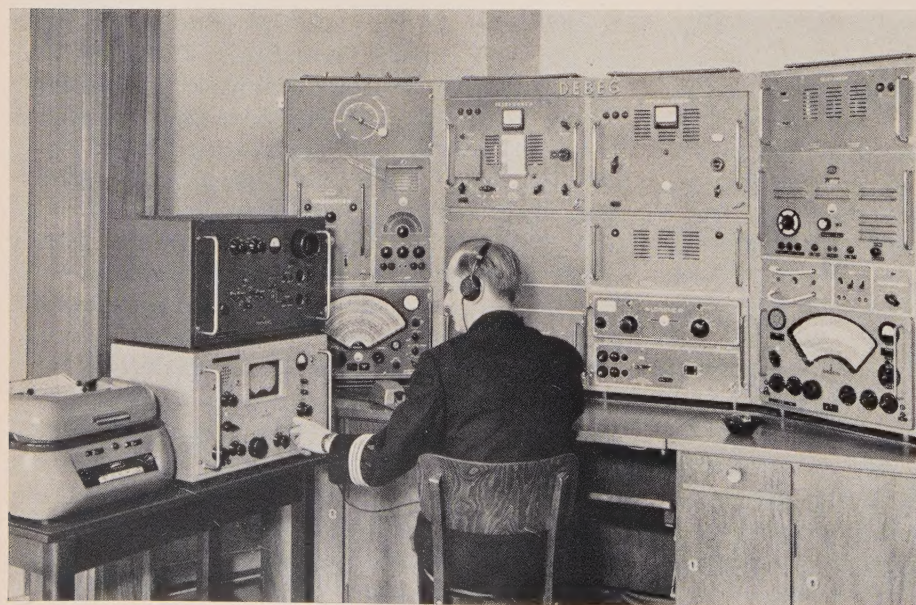


Bild 4 Wetterkarten-Empfangseinrichtung (links im Bild), bestehend aus Siemens-Kurzwellen-Empfänger, Siemens-Telegrafieempfangs-Zusatzgerät und -Hell-Fax-Blattschreiber, in einer Schiffs-Funkstation

durch ein weltweites, engmaschiges Netz von fachlich hochentwickelten Servicestellen größte Betriebssicherheit ihrer Seefunkanlagen gewährleistet, ohne daß die Betriebsgesellschaften zur Errichtung teurer und im Einzelfall unwirtschaftlicher Zweigstellen in allen anderen Ländern gezwungen wären. Die Teilnahme an dieser, Radio Marine Associated Companies (R.A.M.A.C.) genannten Weltorganisation, bürdet neben allen Vorteilen, die sie der Schifffahrt bietet, ihren Mitgliedsgesellschaften schwere fachmännische Schulungsaufgaben auf, deren Erfüllung in der Zeit zunehmenden Fachkräftemangels nicht ohne große Mühe und Aufwendungen bewältigt werden kann.

Die breite Kenntnis der Seefunkverhältnisse der Welt und die vielseitigen Erfahrungen, die ein Unternehmen zu sammeln Gelegenheit hat, dessen Betätigung sich im Rahmen einer so großen Betriebsorganisation vollzieht, geben gewisse Möglichkeiten, vorausschauend abzuschätzen, wohin sich Technik und Betrieb der Seefunkanlagen in der Zukunft vermutlich entwickeln werden.

Immer wird dabei die Haupttendenz in einer Vergrößerung der Sicherheit menschlichen Lebens auf See liegen und immer wird gleichzeitig eine Vereinfachung der Anforderungen an die Handhabung der Geräte durch technische Laien zur vollen Ausschöpfung ihres betrieblichen Verwendungszwecks eine richtunggebende Rolle spielen. Bei den geschilderten Aufgaben, die der Seefunk zu lösen hat, handelt es sich um Nahziele, die sich mehr oder weniger klar aus dem heutigen Stand des Betriebes ableiten lassen.

Darüber hinausreichende Prognosen enthalten größere Unsicherheiten. Die unbedingte Betriebssicherheit im Seenotfall auch unter den schwersten, im einzelnen gar

nicht voraus abzuschätzenden Bedingungen, spricht für größte technische Einfachheit der Seefunkanlage. Zu diesem Hauptzweck ihrer dauernden Bereitschaft für die Gewährleistung der Sicherheit menschlichen Lebens auf See kommt ein nach Verwendungszweck des Schiffes schwankender, sehr wichtiger, aber – von Passagierschiffen abgesehen – sich mengenmäßig immer in Grenzen haltender kommerzieller Nachrichtenverkehr zwischen Schiff und Land.

Ob für die verhältnismäßig schmale Anwendungsbasis des Seefunks die Entwicklung eines mechanischen Telegrafieverfahrens größter Betriebssicherheit möglich wäre, das zwar nur ein geringes Verkehrsvolumen verarbeiten zu können brauchte, also z. B. verhältnismäßig langsam arbeiten könnte, dafür aber nur geringe Anschaffungskosten verursachen dürfte, ist eine Frage, die sich aus dem Betrieb heraus von selber stellt. Ob diese Frage gut gelöst werden kann, dürfte entscheidend davon abhängen, ob eine ähnliche Aufgabe auch von anderen Bedarfsträgern größerer Anwendungsbreite gestellt und damit der Entwicklungs- und Fertigungsaufwand wirtschaftlich aufgeteilt werden könnte.

Der zu erwartende Nachrichtenverkehr größerer Fahrgastschiffe könnte den Einsatz automatischer Aufzeichnungseinrichtungen, wie Fernschreiber oder Siemens-Hell-Schreiber, notwendig machen. Hier ist besonders der Empfang einseitiger Dienste, z. B. Pressenachrichten, zu erwähnen. An die Einführung derartiger Geräte für die Nachrichtenübertragung zwischen den Fahrgastschiffen und Küstenfunkstellen dürfte aus Gründen des geringen Verkehrsbedürfnisses und der für den Betrieb notwendigen Speziälsender erst in späterer Zukunft gedacht werden können.

Die DEBEG im Seefunk

VON GERHARD SCHACHTSCHNEIDER

Aufgaben der DEBEG

Die besonderen Betriebsbedingungen für Funkgeräte an Bord der Schiffe und die außerordentliche Bedeutung, die diesen Anlagen für Sicherheit und Wirtschaftlichkeit der Seefahrt zukommt, haben dazu geführt, daß in fast allen Ländern besondere Gesellschaften für die Ausrüstung der Handelsflotten mit Nachrichten- und Navigationsfunkgerät entstanden. Diese Unternehmen haben die Aufgabe, die Reeder hinsichtlich der zweckmäßigsten Ausrüstung ihrer Schiffe zu beraten, die benötigten Funkanlagen zu planen und an Bord zu errichten und

schließlich ihre regelmäßige sachverständige Wartung und alle notwendigen Reparaturarbeiten zu übernehmen.

In Deutschland wurde hierfür im Jahre 1911 die Deutsche Betriebsgesellschaft für drahtlose Telegrafie m.b.H. (DEBEG) gegründet. Die im praktischen Betrieb gewonnenen Erfahrungen und Erkenntnisse kann die DEBEG ihren Stammfirmen als Grundlage für die Entwicklung und Konstruktion neuer Geräte vermitteln. Zur Durchführung ihrer Aufgaben verfügt die DEBEG in Deutschland über 15 Zweigstellen entlang der Küste und am Rhein. Durch Übereinkommen mit den wichtig-

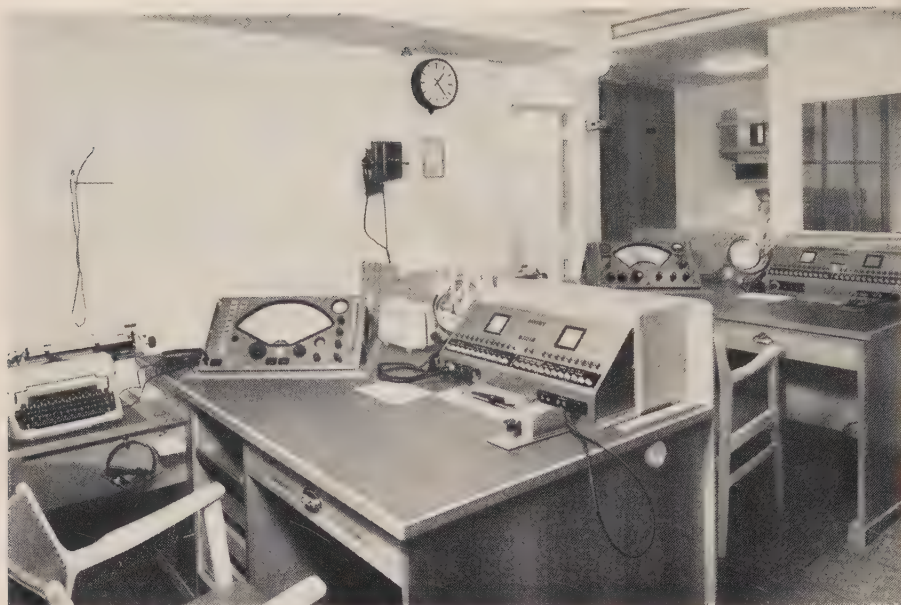


Bild 1 Arbeitsplätze
in der Funkkabine der »Bremen«
(32000 BRT)
mit Siemens-Kurzwellen- und
-Allwellen-Empfängern.
Vermittlungseinrichtung für
Ferngespräche
in das Bordfernsprechnet

sten ausländischen Funkbetriebsgesellschaften ist die gegenseitige Wartungshilfe im Ausland gewährleistet. So kann sich die deutsche Handelsschifffahrt auf eine weltweite Funkbetreuung durch etwa 400 Servicestellen stützen. Für die DEBEG verdoppelt sich das Volumen ihrer Service-Beanspruchung durch die gleichzeitige Betreuung ausländischer Schiffe in deutschen Häfen.

Die Bedeutung dieser Aufgabe zeigen folgende Zahlen: Etwa 16000 Kauffahrteischiffe aller Erdteile stehen in festen Wartungsverträgen mit Seefunk-Betriebsgesellschaften dieses Zusammenschlusses. Im ganzen umfaßt ihr Service etwa 40000 Schiffssender, 60000 Empfänger, 15000 Peiler und 5000 Radargeräte. Die DEBEG selbst ist in diesen Zahlen mit etwa 8000 Sendern und Empfängern, 1400 Peilern und über 1000 Radargeräten auf über 1400 deutschen Schiffen vertreten. Bild 1 zeigt zwei Arbeitsplätze in der Funkkabine des Fahrgast-Turbinenschiffes »Bremen«.

Neben der internationalen Service-Organisation, der Radio Marine Associated Companies (R.A.M.A.C.), besteht eine fachwissenschaftliche, regierungsunabhängige, internationale Vereinigung, das Comité International Radio Maritime (CIRM), dessen besondere Aufgabe und Bedeutung in der Beratung nationaler und internationaler Stellen liegt, die sich mit den weltweit einheitlich zu lösenden Aufgaben der Seefunktechnik und der Sicherheit menschlichen Lebens auf See zu befassen haben. Das CIRM umfaßt, im Gegensatz zur R.A.M.A.C., nahezu alle im Seefunk bedeutenden Berüstungsgesellschaften der Welt, gleichgültig, ob sie zusammenarbeiten oder im gegenseitigen Wettbewerb stehen.

Die DEBEG arbeitet in beiden internationalen Fachvereinigungen, der R.A.M.A.C. und dem CIRM, mit

und stellt als Mittlerin zwischen Entwicklung und Fertigung der hinter ihr stehenden großen Fachindustrie einerseits und der praktischen Nutzung ihrer Produkte im betrieblichen Einsatz und Service andererseits ihre breiten Erfahrungen stets dem Fortschritt des Seefunks zur Verfügung. Ihre Geschäftsführer haben in beiden Organisationen die Stellung von Vizepräsidenten.

Frequenzbänder des Seefunks

Welche Vielfalt an Seefunkdiensten zu leisten ist, läßt sich am besten anhand einer Übersicht über die Seefunk-Frequenzbänder aufzeigen.

Obwohl mit den anfangs benutzten Seefunk-Geräten nur geringe Reichweiten erzielt werden konnten und auch die Abwicklung des Verkehrs noch sehr umständlich war, nahm der Seefunkverkehr sehr bald einen solchen Umfang an, daß internationale Vereinbarungen* über seinen Betrieb und die zu verwendenden Frequenzen notwendig wurden.

Die Entwicklung der Technik – besonders die Einführung der Elektronenröhre – ermöglichte es, in raschem Fortschritt Funkgeräte für die verschiedenen Frequenz-

* 1. Internationale Funktelegraphenkonferenz Berlin 1903,
2. Internationale Funkkonferenz Berlin 1906,
3. Internationale Funkkonferenz London 1912,
Schiffssicherheitskonferenz London 1913,
Schiffssicherheitskonferenz London 1929,
Weltnachrichtenkonferenz Madrid 1932,
Weltnachrichtenkonferenz Kairo 1938,
Weltnachrichtenkonferenz Atlantic City 1947,
Schiffssicherheitskonferenz London 1948,
Außerordentliche Funkverwaltungs-konferenz Genf 1951,
Internationale Nachrichtenkonferenz Buenos Aires 1952,
Nord-Ost-See-Funktelephonie-Konferenz Göteborg 1955,
Konferenz über den Internationalen Sprech-Seefunkdienst auf Ultrakurzwellen
Den Haag 1957,
Weltnachrichtenkonferenz Genf 1959,
Schiffssicherheitskonferenz London 1960.

bereiche zu schaffen. Die praktischen Erfahrungen in der Ausbreitung elektromagnetischer Wellen ließen bald erkennen, daß bestimmte Frequenzgebiete für die verschiedenen Dienste des Seefunks besondere Bedeutung haben. Bild 2 gibt eine Übersicht über die heute der Schifffahrt zur Verfügung stehenden Frequenzbänder.

Funknachrichtentechnik

Langwellen (14 bis 285 kHz) wurden nur in den Anfangsjahren für den allgemeinen Seefunkverkehr verwendet. Die an Bord möglichen Sendeantennen haben für diese Frequenzbereiche einen so geringen Wirkungsgrad, daß heute in diesem Gebiet keine Bordsender mehr betrieben werden. Im übrigen verbieten die große Knappheit an brauchbaren Funkkanälen in diesem Band und die große Anzahl von Anwärtern für seine Nutzung, die durch seine Ausbreitungsstabilität bedingt ist, eine unökonomische Verwendung dieser Frequenzen. An Bord werden in diesem Band daher ausschließlich lebenswichtige, einseitige Telegrafiedienste empfangen, wie z. B. Sicherheits- und Wetternachrichten.

Im Mittelwellenbereich (405 bis 535 kHz) wird der normale Telegrafie-Verkehr im A1- und A2-Betrieb zwischen Schiffen untereinander und mit Küstenfunkstellen bis zu Entfernungen von etwa 1000 sm abgewickelt. Die Sende- und Empfangsstationen auf Schiffen über 1600 BRT sind verpflichtet, in diesem Frequenzbereich zu arbeiten. Schwerpunkt ist die Frequenz 500 kHz, weil auf ihr nicht nur der gesamte Telegrafie-Verkehr eingeleitet wird, sondern auch das Alarmsignal (12 Striche von je 4 s mit Pausen von je 1 s) sowie das Notsignal SOS (... --- ...) ausgesandt werden (internationale Telegrafie-Anruf- und -Notfrequenz). Die Frequenz 500 kHz muß von allen mit Mittelwellen-Telegrafieranlagen ausgerüsteten Schiffen ununterbrochen abgehört oder mit einem automatisch auf das Alarmsignal ansprechenden Empfänger (Autoalarm-Gerät) überwacht werden. Fest-eingebaute und tragbare Funkstationen für Rettungsboote müssen diese Frequenz aussenden und empfangen können.

Im Grenzwellenband 1605 bis 3800 kHz wird ausschließlich Telefonie-Verkehr (A3-Betrieb) abgewickelt. Alle Schiffe über 300 und unter 1600 BRT müssen mit Grenzwellen-Sprechfunkanlagen ausgerüstet werden, weil für den Betrieb derartiger Geräte kein hauptamtlicher Funkoffizier erforderlich ist.

Der Vorteil unmittelbaren Meinungsaustausches zwischen den Partnern einer Verbindung, den die Telefonie vor der Telegrafie bietet, führte zur freiwilligen Zusatzberüstung der »Telegrafie-Schiffe« mit Grenzwellen-Sprechfunkgeräten.

Von besonderer Bedeutung im Grenzwellenbereich ist die Frequenz 2182 kHz, die als Anruf- und Notfrequenz dient, ähnlich der erwähnten Frequenz 500 kHz. Auch auf ihr ist ein internationales Alarmsignal in Form zweier abwechselnd in viertelsekundlichem Rhythmus auszusendenden Töne (1300 und 2200 Hz) vereinbart worden, wogegen, vergleichbar mit der Zeichenfolge SOS des Telegrafiebetriebes, die Telefonie-Notmeldung mit dem gesprochenen Wort »m'aider« eingeleitet wird.

Obwohl keine Vorschrift besteht, daß auf Schiffen Stationen des Kurzwellenbereiches (4 bis 25 MHz) zu verwenden sind, sind praktisch alle größeren Hochseefahrzeuge zusätzlich mit Kurzwellen-Geräten ausgerüstet. Entscheidend hierfür ist die Möglichkeit der Überbrückung größter Entfernungen mit verhältnismäßig geringen Sendeleistungen (infolge der bordseitig handlichen Antennendimensionen) und der günstigen Ausbreitungseigenschaften der Kurzwelle. Dem Seefunk sind im Kurzwellenspektrum sieben Frequenzbereiche

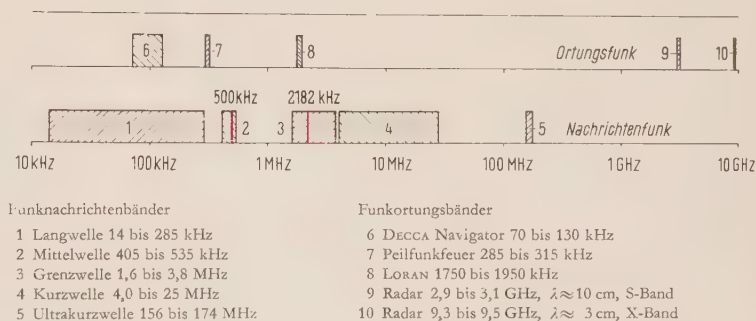


Bild 2 Frequenzbänder des Seefunks

zwischen 4 und 25 MHz für Telegrafie- und Telefoniebetrieb zugeteilt.

Bild 3 zeigt das Motor-Kühlschiff »Cap Bonavista« mit einer Ringmastantenne für Mittel-, Grenz- und Kurzwellenbetrieb.

Zur Überbrückung von Entfernungen, die etwa der optischen Sicht entsprechen, werden für den Seefunk-Sprechverkehr neuerdings besonders einfach zu bedienende frequenzmodulierte Ultraschallwellen-Geräte (Frequenzbereich 156 bis 174 MHz) mit 28 festabgestimmten Sprechkanälen verwendet, die teils für Gegen-, teils für Wechselsprechbetrieb vorgesehen sind. Zwei besondere betriebliche Eigenschaften dieser Technik lassen eine rasche Einführung erwarten. Das UKW-Gerät dient nicht nur der üblichen Abwicklung von Telefonie-Verbindungen, die auf die öffentlichen Fernsprechnetze durchgeschaltet werden, sondern es enthält darüber hinaus eine Reihe von Sprechkanälen, die Direktverbindungen von Schiff zu Schiff sowie zwischen den Schiffen und den für ihre sichere Navigation wichtigen Küsten- und



Bild 3 Motor-Kühlschiff
»Cap Bonavista«
(4000 BRT), Baujahr 1960,
mit Ringmastantenne
(rechts hinten) für Mittel-,
Grenz- und Kurzwellenbetrieb

Hafendienststellen ohne Amtszwischenschaltung ermöglichen. Im Gegensatz zu allen anderen im Seefunk benutzten Funkgeräten können UKW-Geräte wegen der beschränkten Reichweite der Ultrakurzwelle auch in unmittelbarer Küstennähe und sogar während der Liegezeit in den Häfen betrieben werden. So führen sie nicht nur zu einer Erhöhung der Navigationssicherheit, sondern auch zu einer fühlbaren Beschleunigung in der Hafenabfertigung der Schiffe. Die Wechselsprechfrequenz 156,80 MHz ist international als Anruf- und Sicherheitskanal vorgeschrieben.

Funkortungstechnik

Die Funktechnik ist im Laufe ihrer Weiterentwicklung in der Schifffahrt nicht nur dem Nachrichtenverkehr im engeren Sinne des Begriffes dienstbar gemacht worden, sie hat vielmehr als Funkortungstechnik zur Bestimmung der Schiffsposition und zum Schutz vor Kollisionen bei unsichtigem Wetter in steigendem Umfang Bedeutung gewonnen. Die Techniken, die hier eine wesentliche Rolle spielen, sollen im folgenden anhand der Frequenzbänder, in denen sie arbeiten, kurz vorgestellt werden.

Langwellen (10 bis 320 kHz) werden im Bereich von 70 bis 130 kHz beim DECCA-Navigator-System benutzt – einem Hyperbel-Navigationsverfahren, das auf Phasendifferenzmessung beruht. Dieses Verfahren ermöglicht die fortlaufende Standortermittlung durch Ablesen an zwei oder drei Phasennessern (Decometern), die jeweils bestimmten, sich kreuzenden Hyperbelscharen zugeordnet sind. Die abgelesenen Werte werden in eine Seekarte mit eingedrucktem Hyperbelnetz übertragen,

wodurch eine rasche und vor allem sehr genaue Standortermittlung möglich ist. Eine noch weitergehende Vereinfachung oder Beschleunigung bringt ein zusätzlicher Kursschreiber, der die Standorte ständig aufzeichnet und damit eine Art Dokument über die durchlaufene Route liefert.

Im Bereich von 255 bis 285 kHz sowie von 315 bis 320 kHz arbeitet das CONSOL-Verfahren (Funkbaken mit umlaufender Sendecharakteristik).

Dieses System erfordert keinen zusätzlichen Bordaufwand, da praktisch hierfür jeder Schiffsempfänger geeignet ist. Durch Auszählen der zu jedem Zyklus einer CONSOL-Sendung gehörenden Punkte oder Striche ist die Ermittlung von Standlinien möglich, deren Schnittpunkt den Schiffsort ergibt.

Im Übergangsgebiet zwischen Lang- und Mittelwelle, zwischen 285 und 315 kHz, wird die klassische Funkpeilung mit Drehrahmen- oder Goniometerpeiler durchgeführt. Der Schiffspeiler ist trotz aller neuzeitlichen Ortungsmittel noch heute ein wichtiges Instrument zur Standortbestimmung. Ein engmaschiges Netz ortsfester Peilfunkfeuer ist aufgrund zwischenstaatlicher Vereinbarungen hierfür in aller Welt eingerichtet worden. Schiffe über 1600 BRT sind zum Einbau eines Peilers verpflichtet; es rüsten sich aber freiwillig fast alle Hochseefahrzeuge mit diesem Gerät aus. Durch Richtempfang von mindestens zwei Sendern mit bekannten Standorten werden Standlinien ermittelt, deren Schnittpunkt den jeweiligen Schiffsort angibt. Der Schiffspeiler muß im Mittelwellengebiet (bis 535 kHz) außer auf den Navigationsfrequenzen auch noch auf der Frequenz

500 kHz arbeiten können, damit ein Havarist angepeilt und durch Zielfahrt aufgefunden werden kann.

Das Standard-LORAN-System, ein Hyperbel-Navigationsverfahren, das Differenzen von Impulslaufzeiten mißt, benutzt im Grenzwellenband (1605 bis 3800 kHz) die Frequenzen 1750, 1850, 1900 und 1950 kHz. Durch Abbilden der von zwei Sendern ausgestrahlten Impulse auf dem Schirm einer Braunschen Röhre ist es möglich, die Laufzeitdifferenz zwischen beiden Impulsen und damit die Entfernungsdifferenz zwischen beiden Sendern festzustellen. Da hierdurch zunächst nur ermittelt wird, daß sich der Schiffsstandort auf einer bestimmten Hyperbel befindet, muß das gleiche Verfahren mit einem anderen Senderpaar wiederholt werden, so daß sich der Standort aus dem Schnittpunkt beider Hyperbeln ergibt.

Alle deutschen Schiffsfunkpeiler können nicht nur im Mittelwellenbereich, sondern auch im Grenzwellenbereich arbeiten. Damit können auch nur mit Grenzwellen-Sprechfunk berüstete Schiffe im Notfall angepeilt und aufgefunden werden.

Erst nach 1945 hat das Gebiet der Zentimeterwellen (3 bis 30 GHz) durch den Einsatz von Radaranlagen an Bord von Handelsschiffen Bedeutung erlangt. Das Radargerät besteht aus einer Sende- und einer Empfangsanlage, die sich eines gemeinsamen rotierenden Antennensystems hoher Bündelungsschärfe bedienen. Durch Messen der Laufzeit periodisch ausgesandter Kurzzeitimpulse, die von Gegenständen über der Wasseroberfläche reflektiert werden, kann die Entfernung bestimmt werden. Nach Feststellung der jeweiligen Antennenrichtung kann außerdem der dem betreffenden Ziele zugehörige Azimut ermittelt werden. Beide Daten werden durch Polarkoordinatenabbildung auf dem nachleuchtenden Schirm einer Braunschen Röhre sichtbar, wobei ein Panoramabild entsteht, in dessen Mittelpunkt sich die Radarantenne befindet.

Für den Betrieb von Schiffsradargeräten werden folgende Frequenzbänder benutzt:

2,90 bis 3,10 GHz (etwa 10 cm, S-Band),
9,30 bis 9,50 GHz (etwa 3 cm, X-Band).

Erste Seefunk-Nachrichtengeräte für die DEBEG nach 1945

VON HANS SCHUCHMANN

Die Wiederaufnahme der Hochseefischerei war im Sommer 1945 dringend erforderlich geworden, weil damit am schnellsten die unzureichende Ernährungslage des deutschen Volkes verbessert werden konnte. In den Werften wurden Fischereifahrzeuge instandgesetzt, und die DEBEG bemühte sich, die für die Funkausrüstung der Schiffe vorgeschriebenen Geräte zu beschaffen und einzubauen. Es gab aber keine Seefunkgeräte mehr.

Für den Empfang mußten zunächst Rundfunkgeräte hergerichtet werden; Telefoniesender für den Grenzwellenbereich (1,5 bis 3,2 MHz) waren jedoch neu zu entwickeln.

Aufgrund der Vorschriften der Alliierten Kontrollkommission war jede Betätigung auf dem Funkgebiet von Einzelgenehmigungen durch diese Behörde abhängig. Zu dieser Zeit wurde in Hamburg durch die Kontrollkommission als leitende Postdienststelle für die britische Besatzungszone eine »Reichspostoberdirektion« aus Referenten des früheren Reichspostministeriums und des Reichspostzentralamtes gebildet. Im Einvernehmen mit der Reichspostoberdirektion gelang es der DEBEG, eine Sondergenehmigung für den Seefunkbetrieb von Telefonie-Grenzwellen-Sendern mit 20 W Trägerleistung bei Modulation zu erhalten. Daraufhin war es der DEBEG möglich, Siemens & Halske einen

Auftrag zur Entwicklung und zum Bau dieser Geräte zu erteilen.

Entwicklung eines Telefonie-Grenzwellen-Senders

In Berlin konnte das Zentral-Laboratorium von Siemens & Halske im Herbst 1945 wieder Entwicklungsarbeiten übernehmen, wenn auch zunächst nur in bescheidenem Umfang.

Bei der Entwicklung des DEBEG-Senders mußte von den verschiedenen möglichen Schaltungsanordnungen diejenige gewählt werden, für die Röhren, Widerstände, Spulen, Kondensatoren und andere Bauteile in den nach der Demontage des Werkes noch vorhandenen Restbeständen für eine Serie von etwa 100 Geräten gefunden werden konnten.

Bereits im Dezember 1945 war trotz der sehr ungünstigen Voraussetzungen und Arbeitsbedingungen das Mustergerät im Laboratorium fertiggestellt. Es wurde zur DEBEG nach Hamburg ausgeflogen und nach Prüfung durch die Reichspostoberdirektion von den englischen Stellen für den Einsatz auf Schiffen freigegeben.

Für diesen Sender wurde eine technisch ungewöhnliche Bedingung gestellt: Er durfte nur auf einigen schmalen, in der Sondergenehmigung vorgeschriebenen Frequenzbereichen arbeiten. Für die Frequenzabstim-

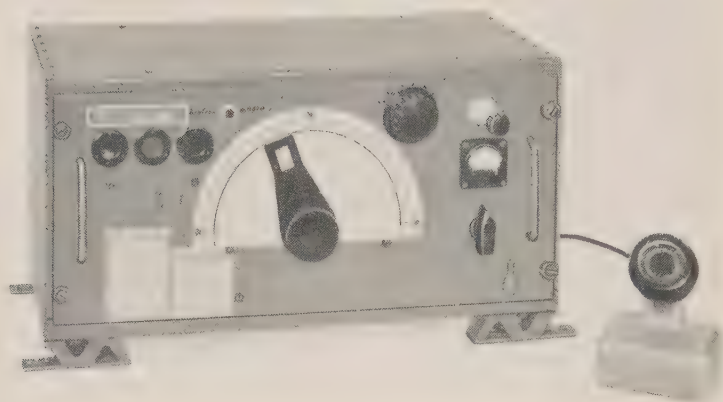


Bild 1 20-W-Schiffssender Funk send 25 a

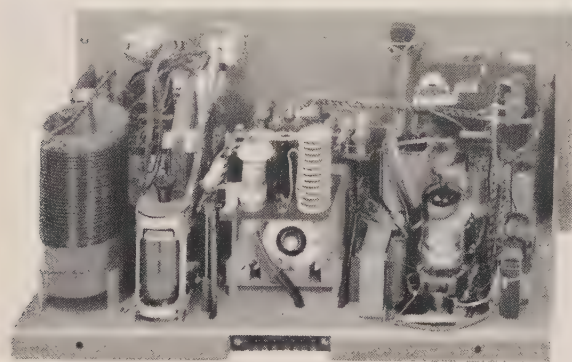


Bild 2 Innenansicht des Senders

mung war jedoch ein Drehkondensator über den vollen Frequenzbereich vorgesehen. Die Forderung der Zulassung wurde dadurch erfüllt, daß Rastkontakte den Sender nur in bestimmten Drehwinkeln des Kondensators

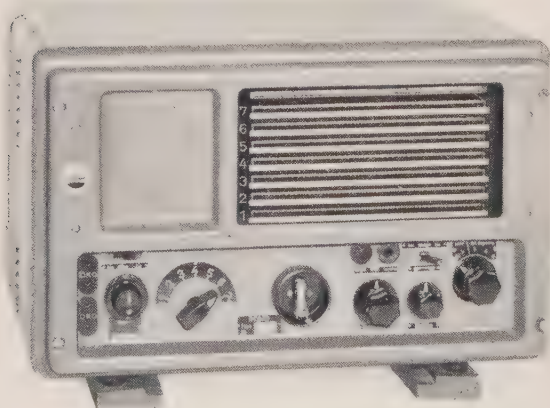


Bild 3 Allwellen-Empfänger Funk empf 66 a

entsperrten. Einige Zeit nach der Lieferung der Sender wurden diese Bestimmungen, wie erwartet, erleichtert und der volle Seefunkbereich der Grenzwellen für die Fischerei freigegeben; die Rastkontakte konnten daraufhin mit einer Umschaltung überbrückt werden.

Der Telefoniesender – er hieß Funk-sender 25 a (Bilder 1 und 2) – enthielt eine Steuerstufe, einen Modulationsverstärker, bestückt mit der für die Wehrmacht entwickelten Röhre RL 12 P 10, und eine Endstufe mit der Senderöhre LS 50, die bei der zugelassenen Trägerleistung nur schwach ausgenutzt war. Für die Abstimmung der Steuer- und Endstufe wurde ein

hochwertiger Zweigang-Drehkondensator verwendet. Zur Anpassung der Endstufe an die Schiffsantenne war eine in einem weiten Bereich regelbare Antennenanpassung eingebaut, so daß auch in ungünstigen Fällen die volle Leistung des Senders der Antenne zugeführt werden konnte. Um vorhandene Drehspul-Instrumente für die Messung des Antennenstromes verwenden zu können, wurde aus vorhandenen Bauteilen ein kleiner Stromwandler mit Gleichrichter entwickelt. Mit einem Schalter am Mikrofon konnte die Sendung bei eingeschalteter Betriebsspannung unterbrochen werden; dadurch wurde beim Empfang der Gegenstation eine Störung durch den eigenen Sender verhindert. Die elektrischen Kennwerte des Senders: Radio-Frequenzbereich etwa 1,5 bis 3,2 MHz (200 bis 95 m); Senderleistung 20 W (Trägerleistung bei Modulation); Modulationsgrad etwa 90% bei 200 mV an der Primärseite des Eingangstransformators des Modulationsverstärkers; Niederfrequenzbereich 200 bis 4000 Hz; Röhren: 2 × RL 12 P 10, 1 × LS 50; Abmessungen 270 mm × 305 mm × 540 mm; Gewicht 17,5 kg.

Die 24-V-Gleichstrom-Bordnetze lieferten über einen Umformer U 10 S die Betriebsspannung.

Für den Aufbau dieses einfachen Senders, von dem in den Jahren 1946 bis 1948 über 100 Stück geliefert wurden, waren nur 60 verschiedene elektrische Bauteile erforderlich. Die Sender waren jahrelang in Betrieb und haben sich gut bewährt.

Entwicklung von Seefunk-Empfängern

Für die Ausrüstung der Funkstationen wurden zunächst (außer Rundfunk-Empfängern) Restbestände von alten Seefunk-Empfängern benutzt, die bald jedoch nicht mehr ausreichten. Daher wurde ein Allwellen-Empfänger (Bild 3) entwickelt. Es war ein 9-Kreis-Überlagerungsempfänger für den großen Frequenzbereich von 120 kHz bis 27 MHz (2500 bis 11,1 m) mit einer Hochfrequenzstufe, einer Mischstufe, zwei Zwischenfrequenzstufen, einem Niederfrequenz-Vor- und -Endverstärker. Dieser Empfänger umfaßte damit alle

zu dieser Zeit für den Schiffsfunk zugelassenen Wellen sowie den Rundfunkbereich. Um den lückenlosen Empfang dieses großen Frequenzbereiches zu erreichen, mußten zwei Zwischenfrequenzen verwendet werden.

Der Empfänger E 66a war das erste Gerät, das mit einem einzigen Griff ohne Verstellung der jeweilig eingestellten Abstimmung auf die Telegrafie-Anruf- und -Notfrequenz (500 kHz) umgeschaltet werden konnte. Das bedeutete eine wesentliche Betriebsvereinfachung für den Funkoffizier. Die neun Abstimmkreise ergaben eine sehr gute Trennschärfe. Der Empfänger war als Allstromgerät für Gleich- und Wechselstrom 110 und 220 V ausgeführt und konnte über einen besonderen Wechselrichter oder Umformer auch aus einer Niedervolt-Batterie betrieben werden. Er erfüllte in elektrischer und mechanischer Hinsicht die Anforderungen des Bordbetriebes. Seine Kennwerte: Radio-Frequenzbereich, aufgeteilt in sieben sich überlappende Teilbereiche,

120 kHz bis 27 MHz (2500 bis 11,1 m); Seenotwelle 500 kHz (600 m); Empfangsbandbreite einstellbar in drei Schritten, und zwar ± 125 Hz, ± 2800 Hz sowie für den Seenotbetrieb ± 12500 Hz; Empfindlichkeit 5 bis $20 \mu\text{V}$ Eingangsspannung für eine Tonfrequenz-Ausgangsleistung von 50 mW; Röhren: $4 \times \text{UBF } 11$, $1 \times \text{UCH } 11$, $1 \times \text{UCL } 11$, $1 \times \text{UY } 11$; Abmessungen: 550 mm \times 350 mm \times 385 mm; Gewicht etwa 25 kg.

Für die Entwicklung und die Fertigung dieses Gerätes konnte bereits von neu hergestellten Bauelementen ausgegangen werden. In den Jahren 1950 bis 1955 wurden rund 1000 Stück dieses Allwellen-Empfängers für Seefunk- und auch andere Dienste geliefert.

Mit dem Telefonie-Grenzwellen-Sender und dem Allwellen-Empfänger konnte die DEBEG ihre Arbeit wieder aufnehmen und Fischereifahrzeuge und Handelsschiffe mit zuverlässigen Sende- und Empfangsgeräten ausrüsten.

Empfangsgeräte für den Schiffsfunk

VON OTTO LUDWIG UND GERHARD PILZ

Wie in der Arbeit von W. E. STREIDLE (S. 2) näher ausgeführt ist, müssen alle Fahrgastschiffe und Frachtschiffe von einer bestimmten Größe an Nachrichten drahtlos miteinander und mit den Küstenfunkstellen austauschen können. Hierfür sind in allen Frequenzbereichen bestimmte Seefunk-Bänder festgelegt worden (S. 10). Die Schiffs-Funkstationen bestehen in der Hauptsache aus Sende- und Empfangsgeräten für diese Frequenzbänder.

Allwellen-Empfänger E 566

Aus räumlichen und wirtschaftlichen Gründen muß für kleine und mittlere Fahrzeuge der Geräteaufwand niedrig gehalten werden. Es ist also vorteilhaft, wenn man mit nur einem Empfänger möglichst alle Funkdienste in den verschiedenen Frequenzbereichen abhören kann.

Von einem solchen Empfänger werden neben vielseitiger Einsatzmöglichkeit und hoher Betriebssicherheit vor allem leichte Bedienbarkeit und geringe Wartungsansprüche verlangt. Selbst unter ungünstigen Betriebsbedingungen muß das Gerät die sichere Übermittlung von wichtigen Nachrichten, Warnungen und Notsignalen gewährleisten. Die Bedingungen sind in den »Postnormen für Seefunkgeräte« zusammengestellt, die 1955 aufgrund der Bestimmungen der Vollzugsordnung für den Funkdienst (VO Funk) von Atlantic City (1947) herausgegeben wurden.

Der Allwellen-Empfänger E 566 erfüllt die genannten Forderungen mit verhältnismäßig geringem Aufwand.

Bild 1 zeigt drei dieser Empfänger im Prüffeld, das Bild gegenüber Seite 1 zeigt den Empfänger in einer Schiffsfunkstation. In mehrfacher Hinsicht wurde das Gerät in seiner Leistung verbessert. Seine Hauptmerkmale sind:

Drucktasten ermöglichen einen schnellen Frequenzwechsel zwischen zwölf Teilbereichen.

Eine individuelle Frequenzaufbereitung stellt in den einzelnen Bereichen die notwendige Trennschärfe und Spiegelfrequenz-Dämpfung sicher.

Je nach Frequenzbereich arbeitet das Gerät mit Einfach- oder Doppel-Überlagerung.

In den Kurzwellenbereichen wird der zweite Überlagerer als Interpolator verwendet. Die rasche und bequeme Eichmöglichkeit mit einem 100-kHz-Linienspektrum gewährleistet eine hohe Treffsicherheit. Das bedeutet, daß die auf der Skale abgelesene Frequenz mit großer Genauigkeit der Abstimmfrequenz entspricht.

Es ist ein Empfang von Sendungen in den Betriebsarten A 1 (tonlose Telegrafie), A 2 (tönende Telegrafie), A 3 (Telefonie) möglich; ferner lassen sich mit geeigneten Zusatzgeräten F1-Sendungen (tonlose Telegrafie mit Frequenzumtastung) und Hell-Schreib-Sendungen aufnehmen.

Der Empfängereingang ist gegen hohe Antennenspannungen, wie sie z. B. bei gleichzeitigem Sende-



Bild 1 Endprüfungen an drei Allwellen-Empfängern E 566

und Empfangsbetrieb (break-in-Verkehr) auftreten können, durch eine Glühlampe, Strombegrenzungslampen und ein Tastrelais geschützt.

Anhand des Blockschaltplanes (Bild 2) sei die Arbeitsweise des Empfängers kurz dargestellt. Der große Frequenzbereich 14 bis 21 kHz und 85 kHz bis 30,3 MHz ist in zwölf mit Drucktasten wählbare Teilbereiche unterteilt. In den beiden untersten Frequenzbereichen wird das empfangene Signal, nachdem es Eingangskreis, Vorstufe und Zwischenkreis durchlaufen hat, in die Zwischenfrequenzlage von 50 kHz umgesetzt und nach Frequenzverdopplung dem 100-kHz-ZF-Verstärker zugeführt. In den Teilbereichen 3 und 5 wird unmittelbar die Zwischenfrequenz 100 kHz gebildet. Im Bereich 4 arbeitet der Empfänger mit doppelter Umsetzung auf eine feste erste Zwischenfrequenz von 1180 kHz und

anschließend auf die zweite Zwischenfrequenz von 100 kHz; ebenso geschieht das in den Kurzwellenbereichen 6 bis 12. Jedoch ist hier noch eine Feinabstimmung mit einer Frequenzlupe möglich, wobei die Frequenz des zweiten Oszillators gemeinsam mit der ersten Zwischenfrequenz um maximal 100 kHz veränderbar ist. Die erste Zwischenfrequenz liegt dann zwischen 1180 und 1080 kHz.

Ein 100-kHz-Vierkreisfilter bestimmt wesentlich Bandbreite und Trennschärfe des Empfängers. Es läßt sich mit dem Betriebsartenschalter für zwei Bandbreiten schalten. Je nach Betriebsart und Frequenzbereich liegen die 6-dB-Bandbreiten des Empfängers zwischen $\pm 0,3$ und $\pm 3,0$ kHz. Am Ausgang des Vierkreisfilters verzweigt sich der Signalweg in einen Verstärker- und Demodulatorzweig für A2/A3- und einen entsprechen-

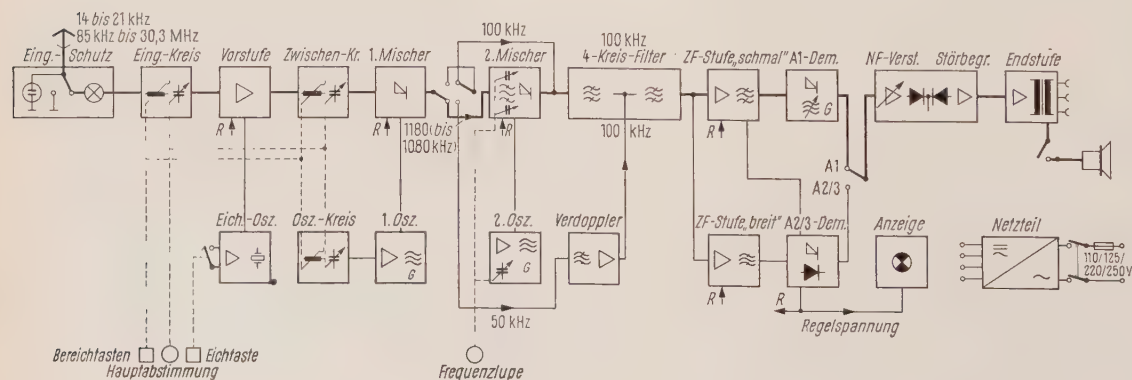


Bild 2 Blockschaltplan des Allwellen-Empfängers E 566

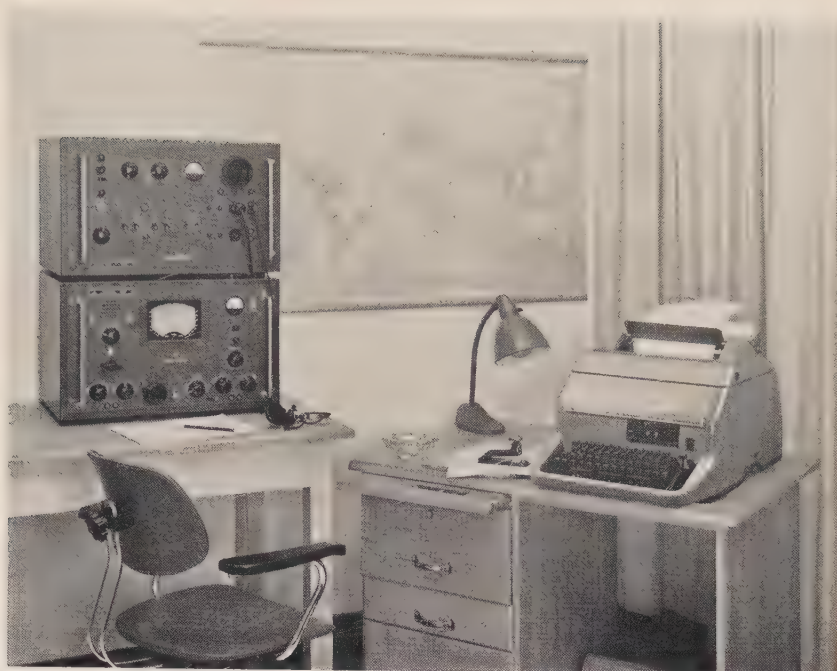


Bild 3 Empfangsstation
mit Siemens-Kurzwellen-Empfänger
Funk 745 E 309, Siemens-Telegrafie-
Empfangszusatz FSE 1300 (darüber)
und -Fernschreiber Typ 100

den für A1-Betrieb. Der jeweils für die Signalverstärkung nicht benutzte Zweig dient zur Regelspannungserzeugung. Neben der automatischen Verstärkungsregelung ist auch eine Regelung der Hochfrequenz- und Zwischenfrequenzstufen von Hand möglich. Der A1-Demodulator überlagert das 100-kHz-Signal dem des A1-Oszillators, dessen Frequenz um maximal ± 3000 Hz von Hand veränderbar ist.

Im niederfrequenten Signalweg liegt ein bipolarer Störbegrenzer mit einstellbarer Schwelle. Der Ausgangsübertrager der Endstufe hat Anschlüsse für den eingebauten abschaltbaren Lautsprecher, für Kopfhörer und für eine 600- Ω -Leitung.

Der Stromversorgungsteil des Gerätes ist für Wechselstromnetze von 110, 125, 220 oder 250 V umschaltbar. Die Anodenspannung und der Heizstrom der Oszillatortröhren sowie die Schirmgitterspannung der Mischröhren sind stabilisiert. Der Betrieb aus Gleichstromnetzen oder Batterien ist über Umformer oder Wechselrichter möglich.

Zum Eichen der Hauptabstimmung läßt sich der HF-Stufe aus dem quartzgesteuerten Eichoszillator ein 100-kHz-Linienspektrum zuführen. Dabei kann jeder volle 100-kHz-Wert der Hauptskala mit dem Hauptabstimmungsknopf unter Drücken der Eich Taste mit Quarzgenauigkeit (Unsicherheit $< 20 \cdot 10^{-6}$ zwischen $+10$ und $+40^\circ\text{C}$) eingestellt werden, indem der Überlagerungston im Lautsprecher zum Verschwinden gebracht wird.

Durch zweckmäßigen Aufbau und sorgfältige Temperatur- und Spannungskompensation der Oszillatorkreise wurde ohne großen Aufwand eine gute Frequenzstabilität sichergestellt. Nach zweistündiger Einbrenn-

zeit beträgt die Frequenzinkonstanz über 10 Stunden Betriebszeit in den Kurzwellenbereichen (6 bis 12) höchstens $2 \cdot 10^{-4}$, wenn sich die Temperatur innerhalb $+10$ und $+40^\circ\text{C}$ um 5°C und die Netzspannung um $\pm 5\%$ ändern.

Auf der Hauptskala, einem Segment mit 120° Öffnungswinkel, erscheinen die zwölf Teilbereiche mit einem Skalen-Maßstab zwischen 100 Hz je Millimeter im Bereich 1 und 25 kHz je Millimeter im Bereich 12. Die Feinskala hat einen Maßstab von etwa 1 kHz je Millimeter. Die Treffsicherheit ist besser als 1 kHz, ein Wert, den sonst nur Empfänger höherer Preisklassen erreichen.

Kurzwellen-Empfänger Funk 745 E 309 und Rel 445 E 311

Für besonders hohe Ansprüche wird der Empfänger Funk 745 E 309 (Bild 3) eingesetzt, der einen durchgehenden Frequenzbereich von 1,5 bis 30,1 MHz und einen Seefunkbereich von 255 bis 525 kHz hat. Oberhalb von 1,5 MHz ist seine justierbare Frequenzskala in 20-kHz-Abständen individuell geeicht. Jedes 20-kHz-Intervall läßt sich mit einer Frequenzlupe dehnen. Die Skalenteilung wird nach einem Fotoblitzverfahren automatisch hergestellt. Die damit erreichbare große Genauigkeit entspricht etwa der zeitlichen Konstanz der für den Empfänger verwendeten hochwertigen Schwingkreisspulen und Kondensatoren. Für den Festfrequenz-Empfangsbetrieb ist ein 3-Frequenzen-Quarzoszillator eingebaut. Neben seiner hohen Frequenzkonstanz ist dieser Empfänger auch sehr trennscharf. Mit zwei Quarzfiltern läßt sich die Zwischenfrequenz-Bandbreite von 200 bis 8000 Hz stufenlos regeln. Die Spiegelfrequenz-

dämpfung ist in allen Bereichen größer als 60 dB. Die 14 Röhren des Empfängers lassen sich von der Frontplatte aus prüfen.

Zusammen mit dem Telegrafie-Empfangszusatz FSE1300 (s. Bild 3) erhält man eine bereits vielfach bewährte Empfangsanlage für F1- oder F6-Sendungen (Frequenzumtast-Telegrafie mit einem oder zwei Fernschreibkanälen).

Zur Verbesserung der Telefonie-Empfangsverhältnisse bei starken selektiven Störsendern kann das Einseitenband-Zusatzgerät Funk 144 K 101 verwendet werden, das an den ZF-Ausgang des Empfängers angeschlossen wird. Es ermöglicht die Auswahl des oberen oder unteren Seitenbandes einer normalen Telefonie-Sendung und den Empfang von Einseitenband-Sendungen (A3a) mit Restträger; der Trägerzusatz-Oszillator für die Demodulation wird mit dem empfangenen Restträger synchronisiert. Dieses Verfahren stellt an die Funkgeräte keine besonders hohen Anforderungen.

Eine noch höhere Frequenzkonstanz und Treffsicherheit als der Allwellen-Empfänger E 566 und der Kurzwellen-Empfänger Funk 745 E 309 hat der bereits früher [3] beschriebene Kurzwellen - EB - Empfänger Rel 445 E 311, mit dem sich u. a. auch völlig trägerlose EB-Sendungen aufnehmen lassen. Er setzt in diesem Fall den Träger zur Einseitenband-Nachricht neu und sehr frequenzkonstant hinzu und verzichtet auf jede Anbindung an die Sendefrequenz, deren Konstanz als ausreichend vorausgesetzt wird. Dieses Verfahren hat den Vorzug, daß es weniger störanfällig ist als die vorher erwähnte Frequenznachsteuerung. Der Empfänger wird den technischen Anforderungen gerecht, die sich im Laufe der Zeit für Einseitenband-Verbindungen mit kleineren Funkstationen als sinnvoll erwiesen haben.

Einseitenband-Betrieb beim Schiffsfunk

Während der letzten Jahre hat sich die Erkenntnis durchgesetzt, daß sich das Einseitenband (EB)-Verfahren – seit Jahrzehnten bei den Übersee-Funkdiensten zwischen stationären Großsendern eingeführt – bei dem heutigen Stand der Technik auch in kleineren Funkanlagen mit erträglichem Aufwand verwirklichen läßt. Damit erreicht man im Endzustand, also dann, wenn alle Anlagen eines Aufgabenbereiches auf diese Technik umgestellt sind, nahezu eine Verdopplung der verfügbaren Frequenzkanäle, also einen erheblichen Gewinn angesichts des ständig zunehmenden Frequenzmangels.

Ebenso wichtig ist aber die größere Reichweite der EB-Sender. Im Gegensatz zu den Zweiseitenband (A3)-Sendern strahlen sie die HF-Leistung überwiegend oder ausschließlich als Nachrichteninhalte aus, weil sie das zweite Seitenband unterdrücken und den Träger stark schwächen oder ganz ausschließen. Die Trägerunterdrückung bietet noch weitere Vorteile: die Herabsetzung der durch das selektive Fading bedingten und bei den üblichen Empfangsanlagen bekannten zeitweiligen Sprachverzerrung

bis zur Unkenntlichkeit, sodann eine erhebliche Verringerung der sehr unangenehmen Interferenztöne zwischen frequenzbenachbarten Sendern und schließlich die Möglichkeit, auch die Kreuzmodulationsstörungen durch starke Fremdsender besser vermeiden zu können.

Für eine allgemeinere Einführung des EB-Verfahrens im kommerziellen Kurzwellenverkehr ist es nötig, daß die EB-Sender und -Empfänger auch in der Lage sind, mit den bisherigen Zweiseitenband-Geräten in der Betriebsart A3 zusammenzuarbeiten. Auf der Sendeseite wird dazu außer dem einen Seitenband noch der volle Träger ausgestrahlt. Ein normaler A3-Empfänger verarbeitet eine solche Nachricht verhältnismäßig gut. Auf der Empfangsseite wird für diesen Betriebsfall neben dem EB-Demodulator ein einfacher AM-Dioden-demodulator vorgesehen.

Für Schiffsfunkanlagen liegen bereits ausführliche CCIR-Empfehlungen (Nr. 258, Los Angeles 1959) vor. Darin wird bei Frequenzmangel die Einführung der EB-Technik in den HF-Schiffsfunkbändern oberhalb von 4 MHz empfohlen. Die Grenzwellen-Funkdienste von 1,6 bis 3,8 MHz werden von dieser Empfehlung ausgenommen, da in diesem Bereich die internationale Anruf- und Notfrequenz 2,182 MHz liegt, die mit Rücksicht auf die weltweite Zusammenarbeit aller Seeschiffe unverändert bleiben soll. Auch für die große Anzahl kleinerer Schiffe, die zum Teil nur freiwillig mit einfachen Grenzwellen-Funkgeräten ausgerüstet sind, soll die bisher im Seefunk übliche Technik beibehalten werden. So dürften zuerst die großen Passagierschiffe mit EB-Anlagen ausgerüstet werden. Hinsichtlich der technischen Daten sieht die CCIR-Empfehlung im Endzustand eine Trägerunterdrückung von mindestens 40 dB und die Verwendung des oberen Seitenbandes vor. Eine spätere Erweiterung auf die Verwendung des oberen und unteren Seitenbandes für zwei unabhängige Sprechkanäle (A3b-Betrieb) ist möglich. Während für die Küstenstationen sende- und empfangsseitig eine Langzeitkonstanz von ± 20 Hz empfohlen wird, liegen die entsprechenden Werte für Schiffsstationen im Endzustand bei ± 100 Hz. Das NF-Band soll von 350 bis 2700 Hz reichen. Inzwischen hat die Funkverwaltungs-Konferenz 1959 in Genf den mobilen Schiffsfunkdiensten auf der Grundlage der CCIR-Empfehlungen 24 EB-Kanäle im Frequenzbereich 4,1330 bis 22,0955 MHz zugeteilt. Der Abstand benachbarter Trägerfrequenzen beträgt nur 3,5 kHz. Das setzt in den Funkgeräten eine Unterdrückung des unteren Seitenbandes von etwa 50 dB und einen durch den Zweiton-Test definierten Intermodulationsabstand von mehr als 30 dB voraus, wenn sich frequenzbenachbarte Kanäle nicht stören sollen.

Schrifttum

- [1] Steidle, W. E.: 50 Jahre DEBEG. Einige Gedanken zum Seefunk. Siemens-Zeitschrift 35 (1961) 2 bis 9
- [2] Schachtschneider, G.: Die DEBEG im Seefunk. Siemens-Zeitschrift 35 (1961) 9 bis 13
- [3] Pilz G.: Ein frequenzgenauer Kurzwellen-Empfänger für ortsfeste und bewegbare Funkstationen. Siemens-Zeitschrift 34 (1960) 191 und 192

Sendertechnik für Küstenfunkstellen

VON WERNER GAWLICK

Der Funkverkehr zwischen den Schiffen und den Land-Nachrichtennetzen setzt Sende- und Empfangsstationen an Land voraus, die auf die besonderen Erfordernisse des Schiffs-Nachrichtenverkehrs zugeschnitten sind. Siemens & Halske beteiligte sich – nach 1945 unter eigenem Firmennamen – vielerorts an dem Aufbau und an der Erweiterung solcher Küstenstationen im In- und Ausland.

Die Küstenfunkstellen haben die Hochseeschifffahrt sehr gefördert. Schon auf hoher See können den Kapitänen von ihren Reedereien Anweisungen gegeben werden, beispielsweise Umlenken der Ladungen. Auch die Passagiere der großen Fahrgastschiffe benutzen gern die Gelegenheit, noch während der Reise mit ihren Partnern an Land Telegramme zu wechseln und Ferngespräche zu führen. Die Gesprächsabwicklung unterscheidet sich hierbei nicht von dem normalen Fernsprechverkehr an Land.

Immer mit Vorrang abgefertigt werden die Dienste zur Sicherung des menschlichen Lebens auf See. Dazu gehören z. B.: der Seenotdienst für Schiffe, die in Not geraten sind; der Medico-Funkspruch, mit dem der Arzt an Land seine Ratschläge für an Bord erkrankte Passagiere oder Besatzungsmitglieder gibt; der Sicherheitsruf, mit dem Meldungen über den Standort von Eisbergen, Wracks und Minen bekanntgemacht werden; der Wetterdienst, der regelmäßig zu festgelegten Zeiten sendet; schließlich das Zeitzeichen, das für die Berechnung des Standortes eines Schiffes von großem Wert ist. Allein für diese Zwecke müssen Tag und Nacht die Küstenfunkstellen besetzt sein, damit jeder Notruf sofort die erforderlichen Hilfsmaßnahmen auslöst.

Von den ersten Funkanlagen für Langwellen – die Empfangsseite arbeitete damals noch mit dem unstabilen Fritter – bis zu den heutigen Sende- und Empfangseinrichtungen ist ein weiter Weg. Früher sah man Reichweiten von 1000 bis 2000 km als ausreichend an, heute müssen die Küstengroßfunkstellen in der Lage sein, die Schiffe auf jedem der sieben Weltmeere zu erreichen, sei es die Walfangflotte im Südpolargebiet oder die ein- und auslaufenden Schiffe, die noch vor Erreichen der offenen See oder vor dem Einlaufen in einen Hafen Nachrichten an ihre Partner an Land absetzen wollen. Es sind also sowohl Fern- als auch Nahverbindungen aufzubauen. Entsprechend den unterschiedlichen Ent-

fernungen müssen die Sende- und Empfangsanlagen für die verschiedenen Wellenbereiche bemessen sein. Der Kurzwellenbereich ist wegen seiner großen Reichweiten dem Weitverkehr vorbehalten. Im sogenannten Grenzwellenbereich (etwa 80 bis 188 m) wickelt sich der Nahverkehr ab, denn diese Wellen haben für diese Entfernungen besonders günstige Ausbreitungseigenschaften und eignen sich daher vorzüglich für den Tag- und Nachtverkehr. Natürlich sind auch die Ausgangsleistungen der Sender diesen Bedingungen angepaßt.

Die Gleichzeitigkeit der verschiedenen Dienste und das Hinzukommen neuer Dienste sowie die ständige Vergrößerung der Handelsflotten bringen eine starke Verkehrsdichte mit sich. Wie die Statistik einer deutschen Küstenfunkstelle zeigt, sind im Jahre 1956 etwa 290 000 Telegramme und 43 000 Ferngespräche nach den verschiedenen Richtungen vermittelt worden, wogegen es 20 Jahre früher (1936) nur etwa 110 000 Telegramme und etwa 1000 Ferngespräche waren. Um den immer mehr steigenden Ansprüchen und der Vielfalt der Verbindungen entsprechen zu können, müssen an die heutigen Funkanlagen hinsichtlich Betriebsbereitschaft und Betriebssicherheit hohe Anforderungen gestellt werden. Der Teilnehmer auf See oder an Land verlangt zu jeder Zeit eine sichere Verbindung und wünscht keine oder nur geringe Wartezeiten. Daher bemühen sich die zuständigen Behörden aller Länder, ihre Anlagen stets auf dem neuesten Stand der Technik zu halten und der zunehmenden Verkehrsdichte anzupassen.

Küstenfunkstellen liegen im allgemeinen abseits der großen Städte, d. h. nicht in deren unmittelbaren Nachbarschaft, denn die für die verschiedenen Dienste und Wellenbereiche erforderlichen Antennen benötigen wegen ihrer großen räumlichen Abmessungen viel Gelände. Da außerdem die elektrischen Störfelder der Städte eng benachbarten Empfangsstationen einen einwandfreien Empfang unmöglich machen würden, ist auch dieser sehr wesentliche Faktor bei der Auswahl des Geländes zu berücksichtigen. Zweckmäßigerweise liegen die Empfangsstationen von den Sendestationen einige Kilometer entfernt, damit, wenn Sender und Empfänger auf benachbarten Frequenzen arbeiten müssen, die Empfänger von den Sendern der eigenen Funkstelle nicht »zugestopft« werden. Der Funkbetrieb wird in den meisten Fällen von der Empfangsstation aus durchgeführt. Hier

suchen die Beamten mit ihren Empfängern in den ihnen zugeteilten Frequenzbändern nach Anrufern; sie fordern in der zugehörigen Sendestation einen oder mehrere Sender an. Die Senderbeamten schalten die Sender ein, stimmen sie auf die gewünschte Frequenz ab und stellen auch die Betriebsart Telegrafie oder Telefonie ein.

Von den zahlreichen deutschen Küstenfunkstellen ist Norddeich Radio die größte. Seit über 50 Jahren sind der Name und ihre Rufzeichen den Schiffen in aller Welt wohlbekannt. Diese Station liegt nahe der deutsch-holländischen Grenze, und Ferienreisende, die Norderney oder Juist besuchen, sehen beim Verlassen des Festlandes gleich hinter dem Deich die großen Antennenanlagen (Bild 1).



Bild 1 Antennenanlage der Küstenfunkstelle Norddeich

Bild 2 zeigt die Teilansicht dieser Küstenfunksendestelle mit Sendern, die etwa fünf bis sieben Jahre nach dem Ende des zweiten Weltkrieges von Siemens & Halske geliefert wurden. Die Sender sind für Ausgangsleistungen von 10 kW und 20 kW bemessen. Jeder Sender besteht aus ein oder zwei Vorstufen-Gestellen, dem Endstufen-Gestell, der Kabelanpassung und der Stromversorgung. Die Endstufe des 20-kW-Senders ist als Gegentaktstufe ausgebildet und noch mit wassergekühlten Trioden bestückt. Mit der Kabelanpassung wird die Endstufe an das Antennenspeisekabel angepaßt. Bei Fehlanpassung, die infolge Vereisung der Antenne, Bodennebel, Überschlag der

Schutzfunkenstrecke bei Gewitter oder durch mechanische Störungen auftreten kann, wird der Sender durch einen Verstimmungsschutz abgeschaltet. Die Abstimmorgane der Endstufe und der Kabelanpassung bestehen aus Kondensatoren, die in Stufen geschaltet werden, und gekühlten Schleifervariometern. Die für den Betrieb des Senders notwendigen Gleichspannungen von 250 V, 800 V, 2,5 kV und 6,5 kV (Gittervorspannung, Schirmgitterspannung, Anodenspannung) werden noch mit gittergesteuerten Röhrgleichrichtern erzeugt. Diese Oxydkathodengleichrichter arbeiten überwiegend in

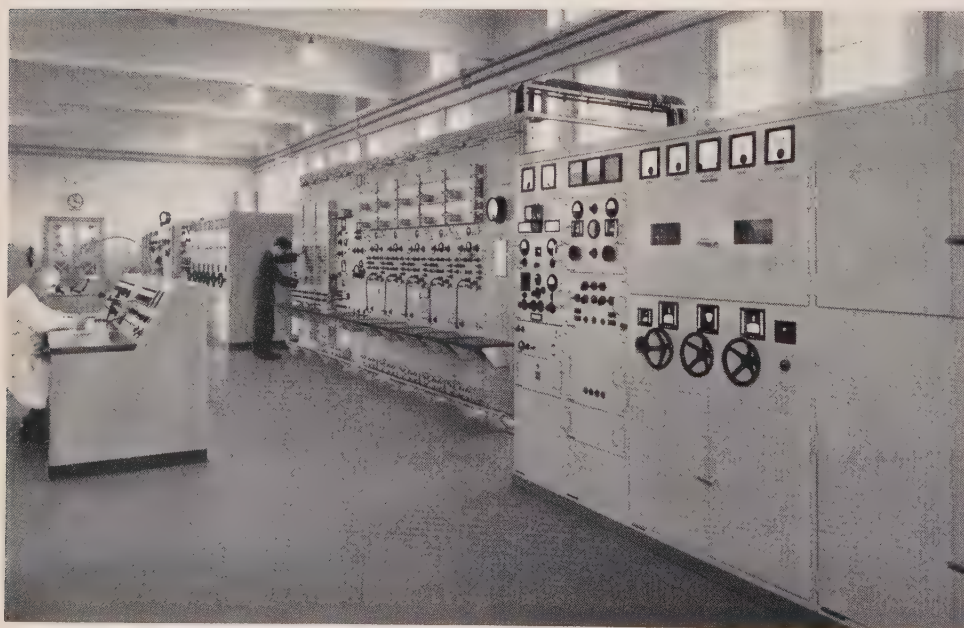


Bild 2 Küstenfunkstelle Norddeich
Von vorn nach hinten:
ein 10-kW-Kurzwellen-Sender,
Sendereingangs-Gestelle,
20-kW-Grenzwellen-Sender;
links: Bedienungspult

Dreiphasen-Brückenschaltung, teilweise auch in Dreiphasen-Sternpunktschaltung oder zur Erzeugung der halben Gleichspannung auch in Kombination beider Schaltungen unter Benutzung gemeinsamer Röhren und eines gemeinsamen Haupttransformators mit herausgeführtem Sternpunkt. Jeder Gleichrichter hat eine Glättungseinrichtung, mit der die Restwelligkeit der Gleichspannung auf das zulässige Maß gebracht wird.

Derartige Sender müssen von geschulten Technikern von Hand eingeschaltet und abgestimmt werden. Dabei wird grob nach vorbereiteten Tabellen und fein nach Instrumenten in der Kopfleiste des Senders abgestimmt. Große Stationen dieser Art erfordern daher viel Personal, damit den Betriebsanforderungen (Gleichzeitigkeit verschiedener Dienste, schneller Frequenzwechsel und schnelle Betriebsbereitschaft) entsprochen werden kann. Da es aber immer schwerer wird, geschultes Personal in ausreichendem Maße zu finden, erheben alle Länder in gleichem Maße die Forderung, daß die Bedienung der Stationen vereinfacht, die Einschalt-, Umschalt- und Abstimmvorgänge also weitgehend automatisiert werden müssen.

Die Entwicklung derartiger Sende- und Empfangseinrichtungen machte es erforderlich, neue Bauelemente zu schaffen, vorhandene zu verbessern, zu verkleinern und den neuen Bedingungen anzupassen. So ergab z. B. die Anwendung des Trockengleichrichters in den Senderstromversorgungen eine erhebliche Verkleinerung des Raumbedarfs. Der Trockengleichrichter brachte zudem die praktisch unbegrenzte Lebensdauer, die Wartungsfreiheit und die damit verbundene große Betriebssicherheit der Stromversorgung sowie deren sofortige Be-

triebsbereitschaft, denn die bis dahin üblichen Gleichrichter mit Oxydkathodenröhren brauchten eine Anheizzeit, und außerdem ist ihre Lebensdauer begrenzt.

Eng verknüpft mit dem Senderbau sind die Fortschritte der Röhrentechnik. Neue Konstruktionen brachten kleinere Abmessungen und damit die Verwendbarkeit dieser Röhren für höhere Frequenzen. Während man früher für hohe Leistungen Trioden einsetzen mußte, bei denen wegen des geringen Verstärkungsfaktors eine größere Anzahl von Hochfrequenz-Verstärkerstufen – in Kaskaden hintereinandergeschaltet – erforderlich war, um die gewünschte Ausgangsleistung zu erreichen, bringt die Einführung von neu entwickelten Hochleistungstetroden mit größeren Verstärkungsfaktoren eine merkliche Verringerung der Stufenzahl. Damit verbunden ist auch eine Verminderung der Anzahl der Hochfrequenz-Abstimmkreise und ihrer Antriebsaggregate. All das verkleinert die Gesamtabmessungen eines Senders und erhöht seine Betriebssicherheit; ferner bringt dies eine schnellere Betriebsbereitschaft mit sich. So wirkt sich z. B. die verminderte Anzahl der Abstimmvorgänge besonders dann vorteilhaft aus, wenn mehrmals am Tage die Frequenz geändert werden muß, damit den unterschiedlichen Ausbreitungsbedingungen im Grenz- und Kurzwellenbereich Rechnung getragen werden kann. Ein weiterer Schritt zur Betriebsvereinfachung war die Verwendung von steuerbaren elektrischen Antrieben bei den Schalt- und Abstimmaggregaten. Bereits 1958 konnten derartige Sender an verschiedene Küstenfunkstellen geliefert werden.

Bei diesen Konstruktionen (Bilder 3 und 4) treiben Motoren die einzustellenden Abstimmglieder an; sie werden

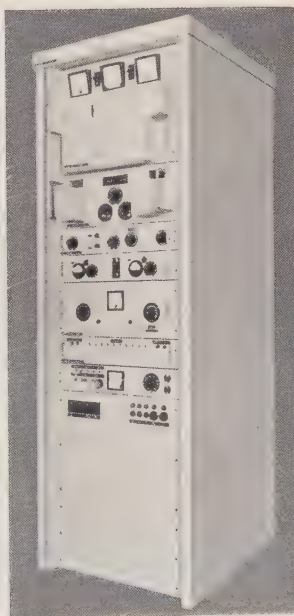
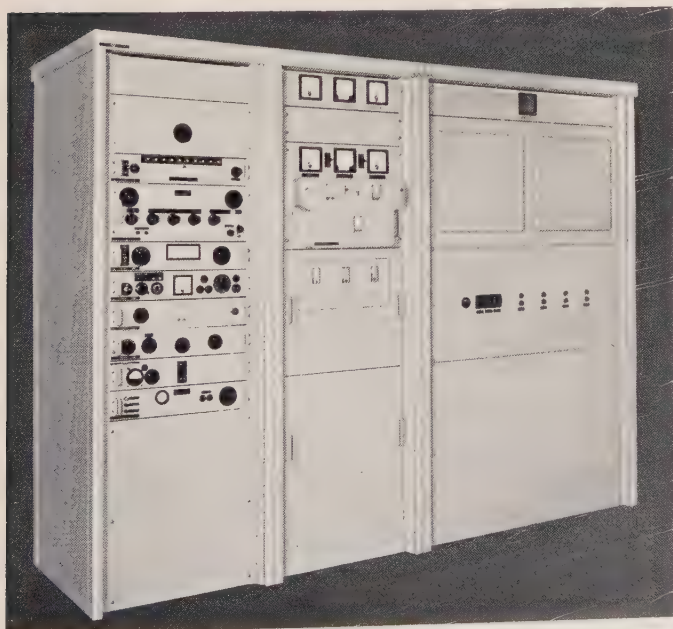


Bild 3 (links)

Fernbedienbarer 10-kW-Kurzwellen-Sender

Bild 4 (rechts)

Fernbedienbarer 1-kW-Kurzwellen-Sender

Beide sind Rastersender mit motorisch angetriebenen Einstellwerken für zehn Radiofrequenzen und alle üblichen Betriebsarten

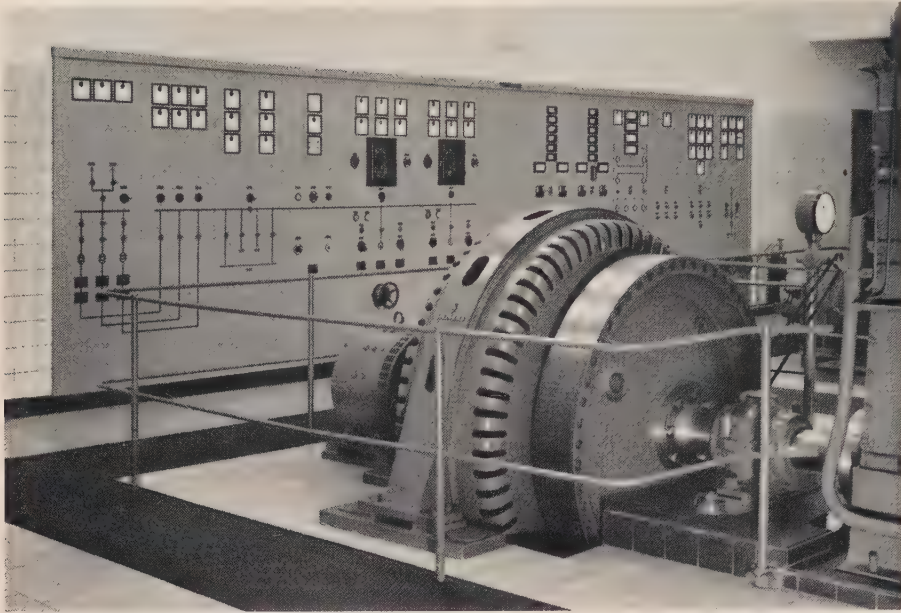


Bild 5 Teil der Strom-
 versorgungseinrichtungen
 in der
 Küstenfunkstelle Norddeich

über entsprechende Speicherwerke gesteuert. Durch das direkte Kuppeln des Abstimmelementes mit dem Motorantrieb fallen die üblichen Gestänge, Zahnradketten o.ä. weg. Um die Forderung nach schnellem Wechsel der Betriebsfrequenz erfüllen zu können, sind die Sender für Drucktastenwahl einer von zehn voreingestellten Rasterfrequenzen eingerichtet. Dementsprechend haben die Steuerwerke zehn veränderbare Kontaktnocken, die in jede beliebige Stellung eingestellt werden können und die es ermöglichen, innerhalb des Frequenzbereiches von 1,5 bis 30 MHz jede Frequenz zu wählen. In dem im Sender eingebauten Frequenzwahlgerät wird bei Frequenzwechsel durch Drücken der entsprechenden Frequenz Taste ein Kontakt geschlossen, wonach sich alle Elemente auf die gewählte Sollstellung einstellen. Eine eindeutige Rückmeldung gibt die Inbetriebnahme des Senders frei. Da alle Abstimmelemente gleichzeitig mitlaufen, ergeben sich kurze Umstimmzeiten. Für die Handabstimmung wird die Drucktastenwahl mit einem Schalter im Bedienungsgerät des Senders außer Betrieb gesetzt. Für die Fernsteuerung des Senders von einem entfernten Ort, wie z. B. der Empfangsstelle, ist ein besonderer Bedienungsplatz vorgesehen, der die Übertragung folgender Befehle zuläßt: Ein- und Ausschaltung des Senders, Wahl der Betriebsart, Wahl einer von zehn vorgegebenen Frequenzen, Rückmeldung. Dieser Bedienungsplatz kann nach Betätigen eines Schalters am Sender in Betrieb genommen werden. Wie die Erfahrung zeigt, ergibt sich für die mit diesen halbautomatischen Sendern ausgerüsteten Stationen bereits eine merkliche Entlastung des Betriebspersonals.

Aber auch diese halbautomatische Technik erfüllt noch nicht alle Wünsche auf Vereinfachung der Bedienung. Aus

diesem Grund wurde im Hause Siemens die Entwicklung und Fertigung vollautomatischer Sender aufgenommen. Bei dieser Bauart stimmen sich die Senderverstärkerstufen, sofern sie nicht breitbandig sind, automatisch und kontinuierlich auf die vom hochkonstanten Oszillatorteil eingegebene Frequenz ab. Die Nachlaufsteuerung und die Antriebsmotoren für die Abstimmaggregate arbeiten ohne bewegliche Kontakte. Desgleichen sind auch in den Hochfrequenzkreisen unter Last zu bewegendes Kontakte vermieden. Die für die verschiedenen Einstellvorgänge, wie z. B. Bestimmung der eingegebenen Frequenz, Resonanzabstimmung, Kopplungs- und Verstärkungseinstellung, notwendige Reihenfolge wird durch eine Automatik erreicht, die ebenfalls mit kontaktlosen Bauelementen (SIMATIC*-Bausteinen) arbeitet. Ein- und Ausschaltung des Senders, Betriebsartenwahl und die Einstellung einer beliebigen Frequenz im Bereich von 1,5 bis 30 MHz werden auch in den Sendervorstufen durch eine Automatik gesteuert. Damit kann von einem Platz in der Sendestation ein Beamter mehrere Sender zentral bedienen. Die für bestimmte Dienste immer wiederkehrenden Sendereinstellungen lassen sich in elektronisch gesteuerten Programmen speichern. Die darin enthaltenen Befehle können von dem zentralen Platz auf jeden Sender geschaltet werden. Je nach den Erfordernissen des Betriebes ist es jederzeit möglich, die Programme zu löschen und neue Befehle einzuspeichern. Eine Rückmeldeeinrichtung zeigt alle ausgeführten Befehle am Bedienungsplatz an. Der Betriebszustand der gesteuerten Sender ist damit stets eindeutig zu erkennen. Diese Technik ermöglicht es, auch mit bestehenden

* Eingetragenes Warenzeichen

Übertragungssystemen von einem weit entfernten Ort aus die Sender frei oder nach Programm zu steuern. Der Bedienungsplatz ist also nicht an die Sendestation gebunden. Damit beschränkt sich die Arbeit des Personals der Sendestation nur noch auf die geringe Pflege und Wartung der Anlage.

Eine wesentliche Zusatzeinrichtung einer Küstenfunkstelle ist der Antennenwahlschalter. Entsprechend den verschiedenen Diensten und Frequenzbereichen ist eine Vielzahl von Antennen vorhanden, wie z. B. Rundstrahlantennen oder verhältnismäßig schmalbandige Richtantennen. Da sehr häufig ein Frequenz- oder Richtungswechsel vorgenommen werden muß, werden die Senderausgänge nicht fest mit einer Antenne verbunden, sondern über einen Antennenwahlschalter, der es ermöglicht, jeden Sender auf die jeweils gewünschte Antenne zu schalten. Damit wird die erforderliche Beweglichkeit erreicht. Diese Antennenwahlschalter sind oft in Form eines Kreuzschienenverteilers für koaxiale Leitungen ausgebildet. Mit einem Steckschlüssel wird der reflexionsfreie Übergang von der waagerechten auf die senkrechte Hochfrequenzschiene erreicht. Bei den heutigen Anlagen ist der Antennenwahlschalter mit steuerbaren kontaktlosen elektrischen Antrieben ausgerüstet, so daß bei den vollautomatischen Sendern auch die Antennenwahl in das Senderprogramm eingespeichert werden kann. Diese automatischen Antennenwahlschalter werden also von dem Bedienungsplatz der Sendestation oder dem des entfernten Ortes gleichzeitig mit der Sendereinstellung gesteuert.

Im Küsten- und Seefunkdienst werden z. Z. nur die Betriebsarten A1 (Telegrafie tonlos), A2 (Telegrafie tönend, nur für besondere Dienste) und A3 (Zweiseitenband-Telefonie) benutzt. Während im internationalen Weitverkehr die Fernschreibmaschine und die Schnellmorsegeräte mit Lochstreifen nicht mehr wegzudenken sind, hat sich die Mechanisierung der Nachrichtenübermittlung im Verkehr mit den Schiffen und umgekehrt noch nicht durchsetzen können. Es wird nach wie vor mit der Hand gegeben und mit dem Ohr empfangen.

Wie die Statistik zeigt, wächst im Küstenfunkverkehr die Anzahl der jährlich vermittelten Ferngespräche. Da nur eine geringe Anzahl von Kurzwellen-Sprechkanälen zur Verfügung steht und da sich immer größere Wartezeiten im Sprechverkehr, besonders mit den großen Passagierschiffen, ergeben, wird wahrscheinlich in Kürze auch hier die Betriebsart A3a (Telefonie auf einem Seitenband mit vermindertem Träger) eingeführt werden. Dies würde die Wartezeiten verkürzen, weil die Anzahl der zur Verfügung stehenden Kanäle fast verdoppelt werden könnte.

Die elektrische Energie für die Küstenfunkstellen wird im allgemeinen aus den Überlandnetzen bezogen. Bei Ausfall dieser Netze müssen die Dienste aufrechterhalten werden, die für die Sicherung des menschlichen Lebens auf See notwendig sind. Nicht zuletzt gehören daher betriebssichere Notstrommaschinensätze, die automatisch bei Netzausfall anlaufen oder von Hand angelassen werden können, zur Mindestausrüstung dieser Stationen (Bild 5).

Fernsprechanlagen auf Schiffen

VON WILHELM SCHARWÄCHTER

Fernsprechanlagen tragen zur Sicherheit eines Schiffes bei und erleichtern den Nachrichtenaustausch zwischen den Insassen. Da solche Anlagen erheblich härteren Bedingungen unterliegen als entsprechende Anlagen an Land, führte die Entwicklung zu Geräten, die kaum einer Wartung bedürfen und in jedem Augenblick betriebsbereit sind, auch wenn sie längere Zeit unbenutzt bleiben.

Schon vor Jahrzehnten wurden für die Ausführung der einzelnen Anlagen bestimmte Verordnungen erlassen. Diese beruhen auf den Bestimmungen des Internationalen Schiffssicherheitsvertrages, der 1913 nach der »Titanic«-Katastrophe erarbeitet wurde. Dieser Vertrag – 1929 in London wesentlich erweitert und von nahezu allen seefahrenden Nationen anerkannt – wurde

1948 erneut von Deutschland ratifiziert und am 22. 12. 1953 zum Gesetz erhoben.

Für die Einhaltung der Vorschriften des Schiffssicherheitsvertrages hat das Bundesverkehrsministerium die Seeberufsgenossenschaft eingesetzt. Diese wiederum beauftragte den Germanischen Lloyd, als Klassifikationsgesellschaft die Einhaltung der Vorschriften zu überwachen.

Für wichtige Fernsprechverbindungen stehen der Schiffsführung batterie lose Fernsprechanlagen zur Verfügung [1]. Sie sind für die Befehlsübermittlung bestimmt und bleiben als letzte Verständigungsmöglichkeit auch dann noch voll funktionsfähig, wenn in Gefahrenmomenten alle übrigen nachrichtentechnischen Anlagen nicht mehr betriebsbereit sind.



Bild 1 Batterieloser Fernsprecher (vorn) und Wähl-Fernsprecher im Schiffsleitstand auf der Brücke. Der wachhabende Offizier kann die Fernsprecher benutzen, ohne die Navigation des Schiffes aus den Augen zu verlieren

Batterielose Fernsprechanlagen entsprechen den internationalen Sicherheitsbestimmungen sowie den Vorschriften nach DIN 89001 und zeichnen sich u. a. durch folgende Merkmale aus:

Sie arbeiten ohne jegliche Stromquelle und sind auch ohne Wartung jederzeit betriebsbereit.

Die Fernsprecher sind äußerst einfach zu bedienen; die Wandfernsprecher haben robuste, spritz- und schwallwasserdichte Gehäuse (nach Schutzart P 43/44, DIN 40050) mit akustischer und optischer Anrufsignalisierung. In sehr geräuscherfüllten Räumen, wie im Maschinenraum, lassen sich ohne Zwischenschaltung zusätzlicher Geräte Wecker, Hupen oder Lichtsignale als weitere Anrufmittel anschließen.

Besondere Bedeutung hat die Sprechverbindung zwischen Brücke und Maschinenraum (Bilder 1 und 2). Darüber hinaus läßt sich ein stern- oder maschenförmiges Leitungsnetz mit zahlreichen batterielosen Fernsprechern einrichten, z. B. zwischen der Brücke und den Kammern des Kapitäns und des Leitenden Ingenieurs, zwischen dem Maschinenraum, Funkraum und Ruder-Maschinenraum, zwischen Back und Heck. Die Sprechstellen dieser Anlage haben, je nach Bedarf, zehn- oder

zwölfteilige Rufleitungs-Wählschalter oder Linien-Wählschalter, mit denen die gewünschte Sprechstelle eingestellt wird. Mit einem Kurbelinduktor wird der Rufstrom erzeugt. Er gelangt bei den besonders einfachen Anlagen mit 500-Hz-Ruf auf das Mikrofon der Gegenstelle und verursacht dort einen Heulton. Diese Anlagen haben nur eine Sprechleitung; ein dritter Teilnehmer kann sich also auf ein bestehendes Gespräch aufschalten. Bei Anlagen mit 20-Hz-Ruf, die einen Sammelruf und mehrere Gespräche gleichzeitig ermöglichen, ertönt an der Gegenstelle ein Wecker. Die Sprechströme entstehen in hochwertigen magnetischen Mikrofonen.

Die Tischfernsprecher der batterielosen Fernsprechanlagen sind für Kammern und Büros bestimmt (Bild 3). Als Rufleitungs-Wählschalter oder Linien-Wählschalter dient eine Wählscheibe. Kapitän, Leichter Ingenieur oder andere Personen der Schiffsführung haben oft Gespräche zu führen, die dritte Teilnehmer nicht abhören sollen; für derartige Verbindungen erhalten die Tischfernsprecher eine

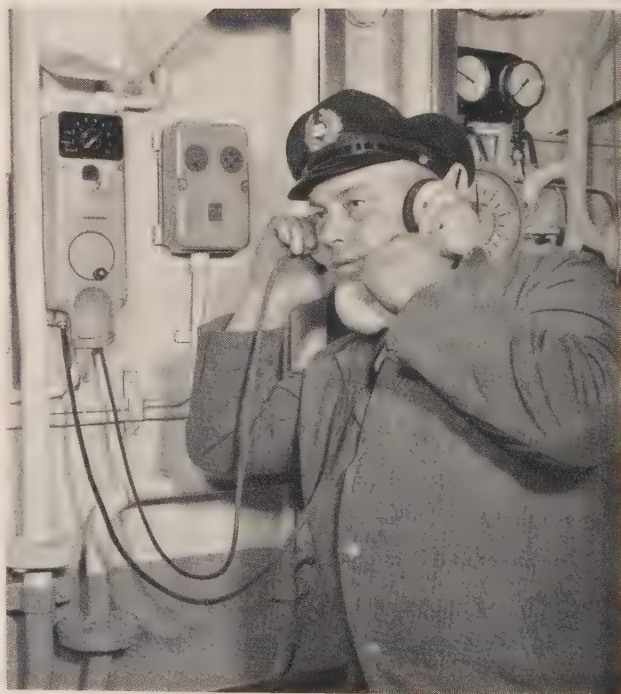


Bild 2 Batterieloser Wandfernsprecher im Maschinenraum. In Verbindung mit einem zweiten Hörer ist eine gute Verständigung auch bei größtem Lärm gewährleistet

Sonderleitung als zusätzlichen zweiten Sprechweg. Die Sonderleitung wird durch das Drücken einer Taste belegt.

Wechselsprechanlagen ergänzen die batterielosen Fernsprechanlagen des Schiffes. Solche Anlagen sind dem Prinzip nach elektroakustische Kommandoanlagen, bei denen die Lautsprecher auch als Mikrofon geschaltet werden können. Mit Bord-Kommandoanlagen lassen sich z. B. Leinenkommandos über wassergeschützte Lautsprecher zum Vor- und Achterschiff sowie allgemeine Durchsagen über normale Wandlautsprecher in die Mannschaftsräume geben. Nach Aufforderung durch den Sprecher kann der Angerufene seine Antwort aus einer Entfernung bis zu vier Meter von dem als Mikrofon geschalteten Lautsprecher geben. Wechselsprechanlagen sind mit Transistoren ausgerüstet und daher unmittelbar nach dem Einschalten betriebsbereit.

Größere Schiffe, insbesondere Passagier- und Fährschiffe, erhalten außer den batterielosen Anlagen eine automatische Fernsprech-Wählanlage, deren technischer Aufbau dem einer üblichen Nebenstellenanlage entspricht [2, 3]. Über diese Wählanlage wird der allgemeine Sprechverkehr der Passagiere und auch der Besatzung abgewickelt (Bild 1). Schiffe, die im Hafen einen Landanschluß benutzen wollen, werden über ein flexibles, vom Landanschlußkasten zum Kai führendes Kabel mit dem öffentlichen Fernsprechnetzz verbunden. Für die Dauer der Liegezeit teilt die Deutsche Bundespost oder die Postverwaltung des jeweiligen Landes dem Schiff eine oder mehrere Amtsnummern zu. Um der unter-



Bild 3 Tischfernsprecher in der Kammer des Kapitäns. Für Gespräche, die andere Teilnehmer nicht abhören sollen, wird mit einer Drucktaste oberhalb des Rufleitungs-Wählschalters die Sonderleitung belegt

schiedlichen Amtstechnik Rechnung zu tragen, sind die Amtsübertragungen der Schiffs-Wählanlage so eingerichtet, daß sie durch einfache Umschaltung allen Amtsarten, z. B. Zentralbatterie oder Ortsbatterie mit Plus- oder Minuserdung, angepaßt werden können.

Schrifttum

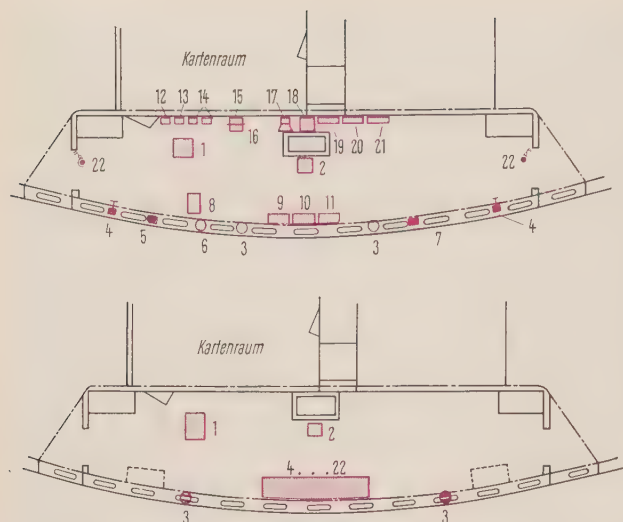
- [1] Dehn, G.: Batterielese Fernsprechanlagen für Schifffahrt und Industrie. Siemens-Zeitschrift 30 (1956) 515 bis 520
- [2] Grohmann, W.: Große Wähl-Nebenstellenanlagen. Siemens-Zeitschrift 29 (1955) 85 bis 87
- [3] Kraust, R. und Strobelt, W.: Mittlere Wähl-Nebenstellenanlagen mit Edelmetall-Schnellrelais-Koppelfeld. Siemens-Zeitschrift 31 (1957) 180 bis 184

Siemens-Schiffsleitstände

VON HANS-JOACHIM DEEG

Mit dem Begriff »Kommandobrücke« ist im allgemeinen die Vorstellung verbunden, daß dort alle für die Führung eines Schiffes erforderlichen Steuer-, Befehls- und Meldegeräte übersichtlich zusammengefaßt sind. Bei Schiffen herkömmlicher Bauart werden aber – im Gegensatz zu anderen neuzeitlichen Verkehrsmitteln – immer noch viele Einzelgeräte über den ganzen Brückenraum verteilt angeordnet, vielfach sogar an der Brückenrückwand, wo sie dem unmittelbaren Sichtbereich entzogen sind. Das Brückenschanzkleid und die Seitenwände der

Kommandobrücke ermöglichen wegen der Fenster und Türen nur in begrenztem Umfang, die Geräte im Blickfeld des Wachpersonals aufzustellen. Eine solche Anordnung hat den offensichtlichen Nachteil, daß der wachhabende Offizier, vor allem während der Revierfahrt oder bei drohenden Kollisionen, in der Navigation oder Befehlsgabe behindert ist. Er wird gezwungen, seine Blickrichtung ständig zu ändern und wird dadurch vom Beobachten der Vorgänge abgelenkt, die sich vor seinem Schiff ereignen. Während einer Nachtfahrt muß die



- | | |
|-----------------------------------|---|
| 1 Radar | 12 Notschalter für Lüfter |
| 2 Rudersteuerstand | 13 Kompaßanlage |
| 3 Klarsichtschiben | 14 Tyfonautomat |
| 4 Morsetaster | 15 Generalalarm |
| 5 Tyfonschalter | 16 Batterie lose Fernsprecher |
| 6 Wechselsprechanlage (Steckdose) | 17 Lautsprecher |
| 7 Wechselsprechanlage | 18 Automatischer Fernsprecher |
| 8 Maschinentelegraf | 19 Positionslaternen-Schalttafel |
| 9 Ruderlagenanzeiger | 20 Sues-Lampen-Verteilung |
| 10 Kreiselkompaßtochter | 21 Verteilung für Scheinwerfer und Anstrahler |
| 11 Umdrehungsanzeiger | 22 Steckdosen |

Bild 1 Befehls- und Meldegeräte auf einer Schiffskommandobrücke.
Oben: Einzelanordnung; unten: Brücke mit Leitstand

Brücke abgedunkelt sein, damit die Positionslichter entgegenkommender Schiffe rechtzeitig erkannt werden können. Hierbei wird das Auge gezwungen, sich auf verschiedene Helligkeiten umzustellen.

Bild 1 zeigt die Anordnung der wichtigsten Geräte auf einer Schiffskommandobrücke. Oben ist ihre gebräuchliche Lage bei Einzelanordnung angegeben.

Schon seit langem sind die Nautiker bestrebt, die für die Überwachung, Befehlsgabe und Navigation erforderlichen Geräte und Instrumente auf begrenztem Raum so zusammenzufassen, daß sie leicht beobachtet und betätigt werden können, wobei aber die in jedem Augenblick wichtige Sicht nach vorn erhalten bleiben muß. Zu diesem Zweck ist eine Zusammenfassung aller Geräte auf einem Brückenleitstand erforderlich (Bild 1, unten). Dieser Leitstand darf nur eine geringe Bautiefe haben, damit das Wachpersonal dicht an die Brückenfenster herantreten kann. Im Hinblick auf diese Erfahrung und auf die Ausrüstung neuzeitlicher Verkehrsmittel haben die Siemens-Schuckertwerke Schiffsleitstände entwickelt, in denen die wichtigsten Steuer-, Befehls- und Meldegeräte und auch die erforderlichen Navigationsmittel zusammengefaßt werden können, ohne daß die Sicht nach vorn beeinträchtigt wird. Das wesentliche Merkmal dieser neuen Schiffsleitstände ist ihre an die vorherrschende Brückenkonstruktion angepaßte Form. Bild 2 zeigt den Schiffsleitstand des Motor-Tankers »Varberghus«. Die starke Neigung der Einbauplatten für die Geräte gegenüber der Horizontalen (Bild 3) bringt folgende Vorteile:

Große Fläche für den Einbau aller erforderlichen Anzeige- und Bedienungselemente bei sehr geringer Einbautiefe. Der wachhabende Offizier kann auch vor dem Leitstand unmittelbar am Fenster stehen und unbehindert Ausschau halten.

Blendungsfreiheit bei Tag und Nacht.



Bild 2 Siemens-Schiffsleitstand
auf dem Motortanker
»Varberghus«

Alle wichtigen Anzeigen können auch aus größerer Entfernung gut abgelesen werden.

Die Leitstände bestehen aus genormten Einzelfeldern, die im Bausteinsystem – je nach Bedarf und Wunsch der Reedereien – bestückt und zusammengebaut werden können. Alle Abdeckungen an den Seiten und die Frontplatten sind mit Dichtungen eingesetzt und zur Montage und gelegentlichen Kontrolle leicht abnehmbar oder hochklappbar. Eine elektrische Beheizung des Innenraumes verhindert Korrosionserscheinungen an den Einbauteilen.

Unabhängig von der Anzahl der Einzelfelder kann grundsätzlich jede gewünschte – auch eine asymmetrische – Anordnung getroffen werden.

Die bewährte Standardausführung (s. Bild 2) besteht aus einem einteiligen Schiffsleitstand und dem getrennt aufgestellten Rudersteuerstand mit Kreiselkompaßtochter. Das automatische Selbststeuer – Bauart Anschütz – ist dabei zusammen mit verschiedenen Alarmanzeigen und einer parallelgeschalteten Reserve-Rudersteuerung im Mittelteil des Leitstandes untergebracht. So kann der wachhabende Offizier bei Gefahr nur durch Betätigen eines Umschalters die Rudersteuerung selbst übernehmen und damit eine etwaige falsche Befehlsausführung durch den Rudergänger von vornherein unterbinden. Besonders vorteilhaft ergänzt wird diese Kombination durch das von Siemens & Halske neu entwickelte, dreiseitig ablesbare Deckengerät für die Ruderlagenanzeige (Bild 4). Bei der Anordnung der verschiedenen Einbaugeräte und Instrumente im Leitstand wurden die Erfahrungen der Praxis aus-

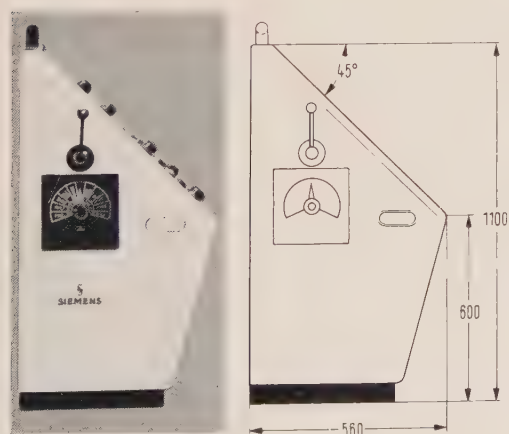


Bild 3
Schiffs-
leitstand
(Seiten-
ansicht)

gewertet. Da der Kapitän oder der wachhabende Offizier bei Revierfahrten oder Manövern, die einen Aufenthalt in der Brücke noch zulassen, ihren angestammten Platz an der Steuerbordseite haben, wurden alle Kommando-geräte und Anzeige-Instrumente, die unmittelbar mit der

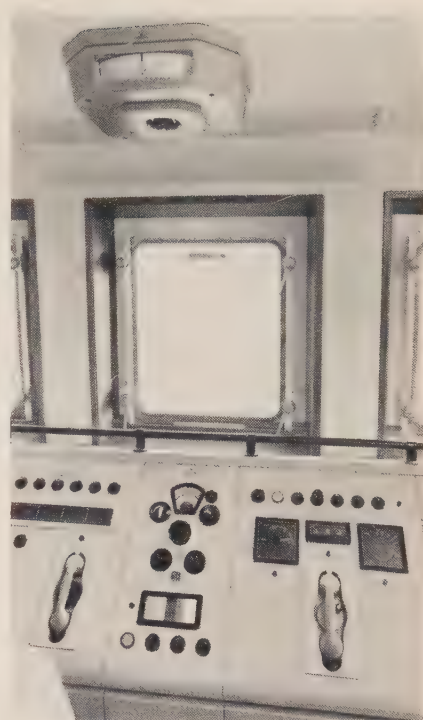


Bild 4 Schiffs-
leitstand mit
Selbststeuer
und Ruderlage-
analyzer,
dreiseitig ablesbar

Schiffsführung zusammenhängen, im rechten Teil des Schiffsleitstandes untergebracht.

Es sind dies:

- Maschinentelegraf
- Umdrehungsfernzeiger
- Kurszeiger
- batterieloser Fernsprecher
- Tyfon- und Lichtmorsetaste
- Uhr
- Wechselsprech- und Kommandorufanlage

Auf der Backbordseite, dem üblichen Platz des »beratenden« Lotsen – verantwortlich für alle Kommandos ist immer die Schiffsführung – sind eingebaut:

- mechanisch gekuppelter Maschinentelegraf
- Tyfon- und Lichtmorsetaste
- Positionslaternentafel
- Signalmastschaltung
- automatischer Wähl-Fernsprecher
- alle Schalter für die Beleuchtung der Decks und Rettungsboote

Diese Art der Aufteilung hat sich nach Aussagen der Offiziere des erstmalig mit einem derartigen Schiffsleitstand ausgerüsteten Tankers »Varberghus« der Trelleborgs Ångfartygs A/B (Bauwerft: Kieler Howaldtswerke AG) in über einjähriger Fahrzeit sehr bewährt.

Das schließt nicht aus, daß besondere Wünsche anderer Reedereien berücksichtigt werden. Beispielsweise wird für Schiffe, die häufig den Panamakanal passieren, eine

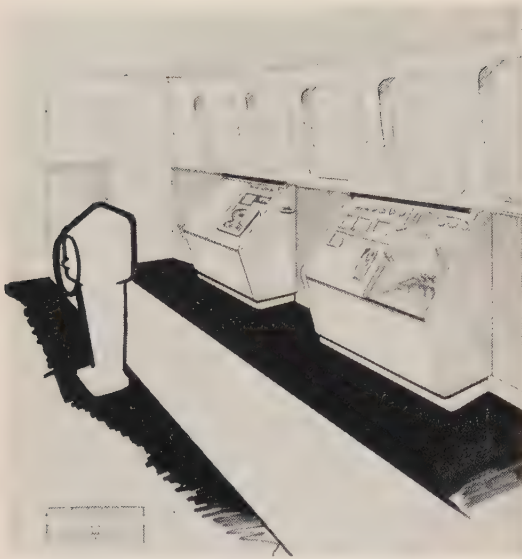


Bild 5
Zweiteiliger
Schiffsleit-
stand mit
getrenntem
Ruder-
steuerstand
(Entwurf)

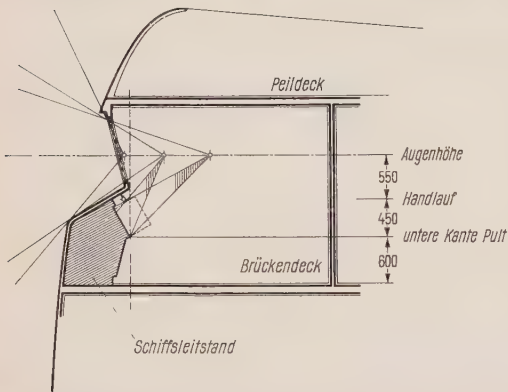


Bild 6
Einbau des
Schiffsleit-
standes
in das
Brücken-
schanzkleid



Bild 7 Neuzeitliche Form des Brückenaufbaues
(Modell; Entwurf: Prof. Pinnau, Hamburg)

zweiteilige Ausführung ohne Mittelfeld, also mit vollkommen freiem Mittelfenster, empfohlen, da die dortigen Kanal-Lotsen der engen Fahrrinne wegen einen Standort auf Mittschiffs-Achse bevorzugen. Bild 5 zeigt einen Entwurf hierfür.

Da das gewählte Bausteinsystem hinsichtlich der Größen und der Bestückung weitgehende Freiheit gewährt, ist auch eine Kombination und Aufstellung als Maschinenleitstand möglich, in dem z. B.

Maschinentelegraf
Umdrehungszeiger
Uhr
batterieloser Fernsprecher
und eine Schreibplatte

untergebracht werden können. Die höheren Anschaffungskosten des Maschinenleitstandes können durch Einsparungen bei der Montage und Kabelverlegung gegenüber einzeln angeordneten Geräten zu einem erheblichen Teil ausgeglichen werden.

Wird für das Brückenschanzkleid eine Form entsprechend Bild 6 gewählt, so ergibt sich unter den völlig blendungsfreien Fenstern ein Einbauraum, in dem ohne Schwierigkeiten ein geringfügig abgeänderter Schiffsleitstand untergebracht werden kann. Ein vollkommen freier Durchgang vor den Fenstern von Brückennock zu Brückennock und günstige Beleuchtung oder Abdunklung aller Instrumente sind die Vorzüge dieser Bauweise. Die Rückwand der Brücke bleibt frei und die Brücke braucht nicht mehr so tief wie bisher gebaut zu werden. Der eingesparte Raum kann entweder dem Karten- und Funkraum zugute kommen, oder man verkleinert das Brückenhäus um die eingesparte Tiefe. Im letzteren Fall empfiehlt es sich, in das Deckengerät außer der Ruderlageanzeige auch die Mitlesegeräte für Maschinentelegraf und Schraubendrehzahl aufzunehmen, die dann von allen Stellen der Brücke und auch von den Nocks aus gut sichtbar sind. Bild 7 zeigt ein Modell mit der von den Siemens-Schuckertwerken vorgeschlagenen Form des Brückenschanzkleides.

Abschließend kann festgestellt werden, daß durch die Zusammenfassung aller für die Schiffsführung wichtigen Geräte und Instrumente auf kleinem Raum die Übersicht verbessert, die Bedienung erleichtert und die Sicherheit erhöht wird.

Schiffs-Antennenanlagen für Rundfunkempfang

VON ERICH HEINE

Auch auf Fahrgastschiffen ist man heute bemüht, den Gästen und der Mannschaft den zur guten Gewohnheit gewordenen Rundfunkempfang zu bieten. Die Kabinen erhalten deshalb Antennensteckdosen, die von einer Schiffs-Gemeinschaftsantenne (Bild 1) gespeist werden. Solche Anlagen sind allerdings in allen ihren Teilen gegenüber den Anlagen in Wohnsiedlungen härteren Betriebsbedingungen unterworfen. Es wurden daher Antennen, Verstärker, Kabel und sonstige elektrische und mechanische Zubehörteile entwickelt, die den klimatischen, mechanischen und elektrischen Anforderungen auf Schiffen in jeder Hinsicht entsprechen.

Bild 2 zeigt schematisch den Aufbau einer Schiffs-Gemeinschaftsantennenanlage ohne Verstärker für einen bis zu acht Teilnehmer. Diese Ausführung wird auf kleineren Schiffen im Küstenverkehr eingesetzt, wo eine ausreichende Empfangsspannung gewährleistet ist. Für größere Schiffe mit vielen Steckdosen und einem entsprechend weitverzweigten Verteilernetz ist es notwendig, Antennenanlagen mit Verstärkern zu verwenden; ihren grundsätzlichen Aufbau zeigt Bild 3.

Die Schiffs-Stabantenne SAA 108 a für den Lang-, Mittel- und Kurzwellenbereich (1) ist durch die Verwendung einer flexiblen Glasfiberrute vollkommen korrosions- und sturmfest. Die von dieser Antenne (Bild 1) aufgenommene Empfangsspannung wird zur Anpassung der stark frequenzabhängigen Fußpunktimpedanz der Antenne an den Wellenwiderstand der Antennenleitung dem tropenfesten Schiffs-Antennenübertrager SAA 219 a (2) zugeführt. In das Übertragergehäuse ist zusätzlich ein Glimmstreckenableiter zum Schutz des Übertragers gegen Überspannung durch den Schiffssendebetrieb eingebaut. Die Schiffs-Antennenleitung SAL 414 (3) ist als 60- Ω -Koaxialkabel aufgebaut und gegen Beschädigung durch ein getränktes Gewebepband und Stahldrahtgeflecht weitgehend geschützt. Sie kann daher sowohl auf wie auch unter Deck verlegt werden. Der Antennenableiter (4) ist in ein wasserdichtes gußeisernes Gehäuse eingebaut.

Bild 4 zeigt den Innenaufbau des neuen Schiffs-Antennenverstärkers SAV 350 GW (5), der mit seinem erweiterten Frequenzbereich (0,15 bis 30 MHz) gegenüber der bisherigen Ausführung SAV 315 GW wesentliche Vorteile bietet. Der Frequenzbereich wird mit zwei (parallelen)



Bild 1 Schiffs-Stabantenne SAA 108a mit flexibler Glasfiberrute

Gegentakt-Kanalverstärkern erzielt, deren Ein- und Ausgänge über entsprechende Weichen zusammenschaltet sind. Der eine Verstärker arbeitet im Bereich von 0,15 bis 5 MHz (Lang-, Mittel- und Grenzwellenbereich), der andere im Kurzwellenbereich (5 bis 30 MHz). Der Grenzwellenbereich ist abschaltbar, und zwar für den Fall, daß in Küstennähe der Hafenfunk durch hohe Feldstärke die Anlage übersteuert. Damit die Verstärkung den jeweiligen Empfangsverhältnissen angepaßt werden kann, sind die für beide Wellenbereiche getrennt vorgesehenen Regler von außen bedienbar. Das gilt auch für den wahlweise einsetzbaren Sperrkreis. Mit einem eingebauten Niederspannungsrelais läßt sich der Eingang des Verstärkers von der Funkkabine aus kurzschließen, sofern dies der schiffseigene Funkverkehr erfordert. Der Eingangswiderstand des Verstärkers ist mit $60\ \Omega$ an die Antennenleitung angepaßt. Sein Ausgangswiderstand beträgt $30\ \Omega$, damit jeweils zwei Stammleitungen des Verteilernetzes angeschlossen werden können.

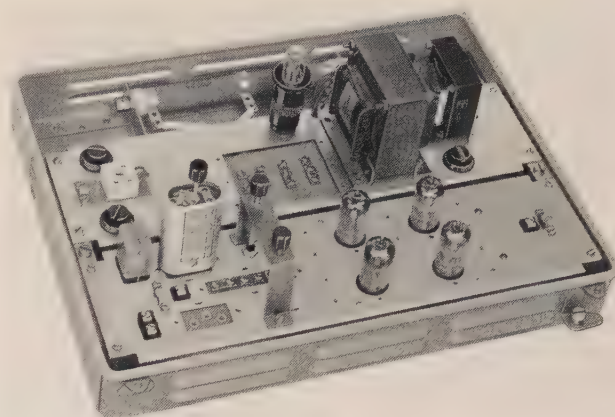


Bild 4 Innenaufbau des Schiffs-Antennenverstärkers SAV 350 GW für 0,15 bis 30 MHz

Die Verstärkung beträgt im Lang- und Mittelwellenbereich etwa 38 dB, im Grenzwellenbereich 30 dB und im Kurzwellenbereich 27 dB. Der Stromversorgungsteil ist umschaltbar für Netzspannungen 110 und 220 V \approx eingerichtet.

Außer durch Schüttel- und Stoßbeanspruchungen sind die Verstärkerröhren besonders durch Schiffsvibrationen gefährdet. Der Verstärker wurde daher mechanisch besonders stabil aufgebaut und in Schwingmetall gelagert. Infolge der Verwendung tropenfester Isolierteile und vakuumgetränkter Netztransformatoren und Spulen ist der Verstärker auch allen klimatischen Bedingungen gewachsen.

Die beiden am Ausgang des Verstärkers angeschlossenen Stammleitungen führen zu den Antennensteckdosen (6) in den Kabinen. Für Verlegung über Deck muß die Spezial-Schiffsantennenleitung SAL 414 verwendet werden; bei Verlegung unter Deck genügt die einfachere Antennenleitung SAL 410. Besondere Sorgfalt erfordert die Durchführung der Antennenleitung durch die Schotten. Antennensteckdosen und Verteilerdosen sind infolge Verwendung hochwertiger Isoliermaterialien tropenfest. Die Empfänger werden über tropenfeste Empfängerleitungen (7) angeschlossen; in diese ist zur Anpassung des Empfänger-Eingangswiderstands an den durch die Entkopplungsglieder in der Steckdose gegebenen Widerstand ein Übertrager eingebaut.

Diese Form von Schiffs-Antennenanlagen für den Rundfunkempfang hat sich bereits gut bewährt. Der neue Schiffs-Antennenverstärker stellt mit seinem umfassenden Frequenzbereich einen wesentlichen Fortschritt in dieser Technik dar.

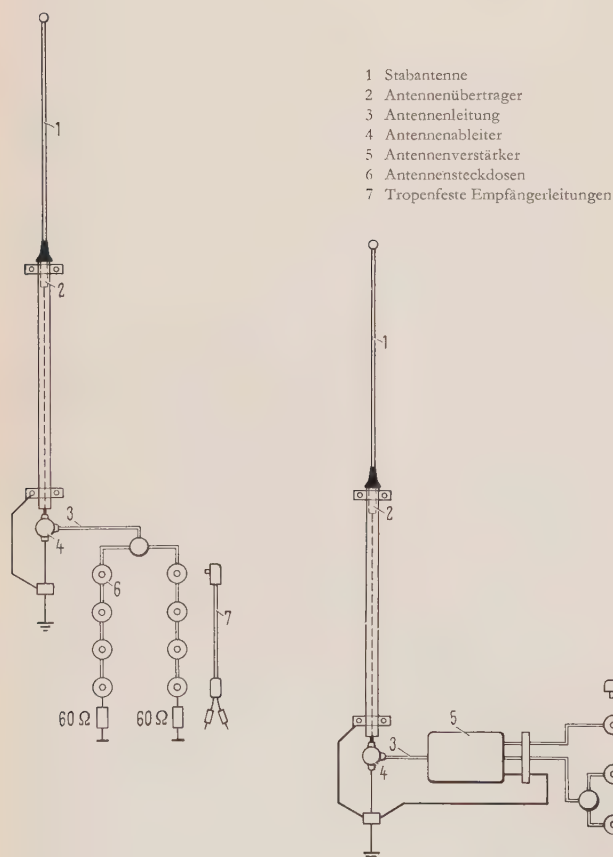


Bild 2 (links) Aufbau einer Schiffs-Gemeinschaftsantennenanlage ohne Verstärker (für 1 bis 8 Teilnehmer)

Bild 3 (rechts) Aufbau einer Schiffs-Gemeinschaftsantennenanlage mit Verstärker (für max. 90 Teilnehmer)

Fernwirkanlagen in der Bahnstromversorgung

VON WALTER HENNING

Im vergangenen Jahrzehnt haben Fernwirkgeräte für Anlagen der Bahnstromversorgung – ähnlich wie für die Anlagen der öffentlichen und industriellen Stromversorgung – mehr und mehr an Bedeutung gewonnen. Annähernd 30% der mit Siemens-Geräten errichteten Fernwirkanlagen dieses Anwendungsgebietes im In- und Ausland dienen dem Zweck, die Stromversorgungsanlagen von Verkehrsbetrieben möglichst wirtschaftlich und störungsfrei zu betreiben.

Dabei handelt es sich außer um die Fernbetätigung und Überwachung von Netzstützpunkten, z. B. Gleichrichter- oder Umformerwerken, hauptsächlich um die zentrale Fernsteuerung der Fahrleitungsschalter elektrifizierter Strecken. Als übergeordnete Aufgabe kommt für größere Netzbezirke noch die Übermittlung von Fernmeßwerten und Schalterstellungsmeldungen zu zentralen Lastverteilerstellen hinzu. Diese Lastverteilerstellen haben die Aufgabe, in ausgedehnten Bahnstromnetzen mit einer größeren Anzahl z. T. verschiedenartiger Einspeisungen die bahneigene Energieerzeugung, den Fremdbezug und den Energieaustausch mit benachbarten Stromversorgungsnetzen nach wirtschaftlichen Gesichtspunkten zu steuern und den Energietransport im Höchstspannungsnetz sicherzustellen [1].

Fernsteuerung und Überwachung von Netzstützpunkten

Die Vorzüge der Fernbetätigung von Netzstützpunkten sind teils wirtschaftlicher, teils betrieblicher Art. Die wirtschaftliche Bedeutung liegt in der Tatsache begründet, daß die in Betracht kommenden Werke unbesetzt gelassen und – da Aufenthalts- und Wartenträume entfallen – einfacher und billiger erstellt werden können. Außerdem werden die laufenden Kosten für das Schaltpersonal in der fernbetätigten Station eingespart, wodurch sich die Fernsteueranlage meistens in wenigen Jahren amortisiert. Ferner macht sich mehr und mehr ein Mangel an zuverlässigen Schaltwärtern bemerkbar. Die Fernbetätigung ermöglicht es, die verbleibenden, wirklich geeigneten Kräfte in zentralen Steuerstellen mit einem größeren Wirkungskreis einzusetzen. Für den Betrieb ist es vorteilhaft, die einzelnen Stationen eines Stromversorgungsbezirkes mit allen Funktionen

ständig in einer zentralen Netzleitstelle zu überwachen und die jeweils notwendigen Schalthandlungen von geschultem Schaltpersonal in wenigen Sekunden unmittelbar durch Fernsteuerung durchführen zu lassen. Bei Ausfall eines Aggregates oder bei Netzstörungen kann das von großer Bedeutung für die Aufrechterhaltung des Betriebes sein.

Eine erste umfangreiche Fernsteueranlage dieser Art wurde vom Hause Siemens bereits 1928 zur Fernbetätigung von etwa 30 Gleichrichterwerken der Berliner Stadtbahn erstellt. Diese Anlage arbeitete noch mit starkstrommäßig dimensionierten Laufschaltermaschinen. Seitdem werden aber zur Übertragung der Fernsteuerbefehle und Überwachungsmeldungen fast ausschließlich Fernsteuerwählergeräte (Bild 1) verwendet, die an anderer Stelle [2] ausführlich beschrieben wurden. Diese Geräte wandeln die zu übertragenden Befehle und Meldungen in verschlüsselte Impulstelegramme um und schließen dadurch Fehlsteuerungen oder Fehlmeldungen mit Sicherheit aus. Dabei können Stationen beliebigen Umfangs über eine Doppelader eines Fernmeldekabels oder einen anderweitigen Übertragungskanal fernbetätigt und überwacht werden.

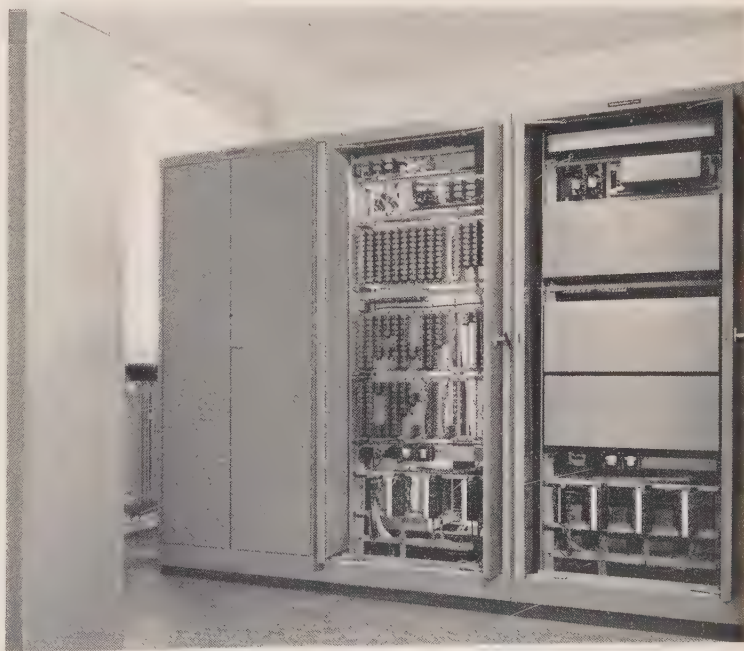


Bild 1 Fernsteuerwählergeräte in einer zentralen Steuerstelle

Die Übertragungszeiten der Siemens-Fernsteuerwählergeräte betragen für Befehle und Meldungen stets nur wenige Sekunden; dabei können in einem Meldeimpulstelegramm von 3 s Dauer bis zu 28 Stellungsänderungs- oder Warnmeldungen enthalten sein. Noch geringere Übertragungszeiten, die überwiegend bei einer betriebsmäßigen Häufung von Fernsteuerbefehlen Bedeutung haben, können mit den neu entwickelten elektronischen Fernsteuergeräten [3] erzielt werden. Diese nach dem Pulscode-Verfahren arbeitenden Geräte benötigen für die Durchgabe eines Befehles nur etwa eine halbe Sekunde, wogegen die Übertragung einer größeren Anzahl von gleichzeitig anfallenden Stellungs- und Warnmeldungen etwa die gleiche Zeit erfordert wie bei den Wählergeräten.

In den fernbetätigten Werken werden mit Hilfe der Fernsteueranlage in der Regel sämtliche Leistungsschalter des einspeisenden und des von dem betreffenden Unterwerk versorgten Bahnstromnetzes ferngesteuert und überwacht. Da diese Werke meistens unbesetzt sind, bezieht man aus betrieblichen Gründen auch diejenigen Trennschalter in die Fernsteuerung ein, die z. B. bei Sammelschienenwechsel häufig und vor allem rasch umgelegt werden müssen. Alle übrigen Trennschalter, besonders aber die Erdungstrenner, werden nur fernüberwacht.

Diese Fernüberwachung muß auch auf die Aggregate in den Unterwerken ausgedehnt werden, z. B. auf die Gleichrichter, Umformer oder Transformatoren. Es ist also die Übertragung einer Reihe von Warnmeldungen je Aggregat erforderlich, die das Betriebspersonal in der zentralen Steuerstelle bei jeder Unregelmäßigkeit genau über die Art der Störung oder Gefahr unterrichtet, der z. B. der einzelne Gleichrichter ausgesetzt ist. Hierzu kommen noch einige allgemeine Warnmeldungen, die in der Hauptsache die Bereitschaft der Hilfsbetriebe und den Raumschutz betreffen.

Schließlich muß die Funktion des speisenden Unterwerkes oder die ordnungsgemäße Stromversorgung des Streckennetzes mit einer den jeweiligen Betriebsanforderungen angepaßten Fernmeßanlage überwacht werden. Sie soll den Schaltwärter in der Steuerstelle z. B. über die primäre und sekundäre Sammelschienen Spannung und über die jeweilige Größe der Einzel- und Summenströme der vorhandenen Gleichrichter, Umformer usw. unterrichten. Für die Betriebsführung ist auch die wahlweise Anzeige der Abzweigströme von Bedeutung, ferner die meistens fernmeßtechnisch durchgeführte Streckenprüfung der von den einzelnen Streckenschaltern gespeisten Fahrleitungsabschnitte.

Bei kurzen Entfernungen zur Steuerstelle und bei ausreichender Aderzahl des Verbindungskabels können die einzelnen Meßwerte als Dauerfernmeßwerte übertragen, angezeigt und gegebenenfalls, z. B. der Summenwert, auch registriert werden. Stehen nicht genügend Kabeladern zur Verfügung oder wird ihre Beschaffung bei

größeren Entfernungen zu unwirtschaftlich, so läßt sich die Daueranzeige oder Registrierung der Meßwerte durch Mehrfachübertragung mit Tonfrequenzgeräten erreichen. Diese Tonfrequenzgeräte ermöglichen die gleichzeitige Übermittlung von maximal 24 Werten über eine Doppelader und können auch im Staffilverkehr betrieben werden. Für noch mehr Dauermeßwerte kann schließlich auch eine zyklische Übertragung der Meßwerte nach dem Zeitmultiplex-Verfahren vorgesehen werden.

In der Regel brauchen jedoch nur einige Meßwerte dauernd übertragen und angezeigt zu werden. Die übrigen Meßwerte, z. B. die Einzelströme der Abzweige eines Schaltpostens, können in einer Wahlfernmessung zusammengefaßt werden. Diese ermöglicht es, mit Hilfe der Wählergeräte jeweils einen bestimmten Fernmeßwert anzuwählen und ihn, solange es betrieblich erforderlich ist, über einen gemeinsam benutzten Übertragungsweg zu empfangen.

Die im Einzelfall anzuwendenden Fernmeßverfahren, die je nach Art und Länge des zur Verfügung stehenden Übertragungsweges sehr verschieden sein können, wurden bereits an anderer Stelle [4, 5] ausführlich geschildert.

Die Bedienungstafeln in der zentralen Steuerstelle für die fernbetätigten Werke unterscheiden sich meistens nur wenig von denen für eine ortsbetätigte Anlage. Zum Fernsteuern und Überwachen der Leistungs- und Trennschalter werden Steuerquittierschalter und Quittierschalter normaler Bauart, jedoch überwiegend in Klein- oder Kleinstformat, verwendet. Lediglich die Tafeln mit anzeigenden Meßinstrumenten sind meistens anders bestückt als Ortsbedienungstafeln, weil die Anzahl dieser Instrumente mit Rücksicht auf die aus wirtschaftlichen Gründen durchgeführte Meßwertanwahl bei der Fernbedienungstafel wesentlich geringer ist.

Fernsteuerung von Fahrleitungsschaltern

Ein anderes umfangreiches Anwendungsgebiet für Fernsteuergeräte in der Bahnstromversorgung ist die Fernbetätigung der Fahrleitungs-Trennschalter elektrifizierter Strecken. Diese Trennschalter wurden früher innerhalb eines Bahnhofsbereiches durch Ortssteuerung von den zugehörigen Bahnhofsstellwerken aus betätigt, und zwar aufgrund von Schaltanweisungen, die von der Fahrleitungsmeisterei oder dem speisenden Unterwerk telefonisch übermittelt wurden.

Auf stark befahrenen Strecken hat sich bei Störungen, bei der Erdschlußeingrenzung und bei Überholungsarbeiten diese Art der telefonischen Befehlsübermittlung und Vollzugsrückmeldung längst als zu zeitraubend erwiesen, so daß diese Strecken heute meistens mit einer zentralen Fernsteuerung der Fahrleitungs-Trennschalter versehen werden. Ein weiterer Grund für diese Maßnahme besteht darin, daß auch auf dem Gebiet der Stellwerktechnik

mehr und mehr zentrale Steuerwarten für die Gleis- und Signalsteuerung ganzer Bahnstrecken errichtet werden. Damit entfallen auf diesen Strecken die bisher erforderlichen besetzten Stellwerke, deren Personal die örtliche Steuerung der Mastschalter übernehmen konnte.

Auch für die Fernsteuerung der Fahrleitungsschalter werden überwiegend Fernsteuerwählergeräte verwendet, deren Einsatz jedoch in diesem Fall besonderen Bedingungen unterliegt. So steht z. B. für die Fernsteuerung der einzelnen, auf die verschiedenen Bahnhofsbzirke verteilten Schaltergruppen normalerweise nur ein Aderpaar eines parallel zur Strecke geführten Fernmeldekabels zur Verfügung. Die Wählergeräte müssen daher die Befehle und Stellungsmeldungen für die über die Strecke verteilten Schaltergruppen (bis zu zehn) über eine Doppelader übertragen können.

Die Siemens-Fernsteuerwählergeräte führen einen solchen Linienverkehr in der in Bild 2 dargestellten Weise durch. Bei jeder Befehlsübertragung für einen Schalter einer bestimmten Schaltergruppe wird vom Befehlswähler der zentralen Steuerstelle ein Befehlsimpulstelegramm mit besonderem Langimpuls-Anlaufkriterium parallel auf die Befehlsempfangswähler sämtlicher an eine Doppelader angeschlossenen Wählergeräte übertragen, jedoch infolge eines zusätzlichen, im Impulstelegramm enthaltenen Gruppenkennzeichens nur in dem Wählergerät ausgewertet, von dem aus der durch den Befehl zu beeinflussende Schalter gesteuert wird.

Die Ausführungsmeldung wird anschließend an das Umlegen des Trennschalters durch ein vom Rückmelde- wähler der betreffenden Station ausgehendes Melde- impulstelegramm gegeben. Dieses Impulstelegramm enthält zugleich das Stellungsbild sämtlicher Schalter dieser Schaltergruppe. Es enthält jedoch – im Gegensatz zur

Befehlsübertragung – kein Langimpuls-Anlaufkriterium und bringt daher die Befehlswähler der übrigen Stationen nicht zum Ansprechen. Es wird nur vom Melde- empfangswähler der Steuerstelle ausgewertet und zur entsprechenden Stellungssignalisierung im Blindschalt- bild benutzt. Das Meldeimpulstelegramm sperrt außer- dem für die Dauer seiner Übermittlung gleichzeitig die Rückmeldewähler der übrigen Stationen, so daß eine gegenseitige Meldungsverstümmelung vermieden wird.

Da das Steuerkabel parallel zur Fahrleitungstrasse ge- führt wird, lassen sich andererseits das Auftreten in- duzierter Störspannungen auf den Steueradern und da- mit eine gelegentliche Verstümmelung von Melde- impulstelegrammen nicht mit Sicherheit vermeiden. Die Siemens-Fernsteuerwählergeräte haben daher für diesen Fall eine selbsttätige Schnellabfrage, die eine verstüm- melte und daher nicht auswertbare Meldung sofort er- neut anfordert. Das Personal braucht also bei Einlaufen einer gestörten Meldung nicht die an sich jederzeit mögliche Generalabfrage einzuleiten, bei der alle Stationen einer Linie nacheinander in einer festliegenden Reihen- folge ihr Stellungsbild durchgeben. Dadurch wird vermieden, daß eine verstümmelte Meldung aus einer in der Reihenfolge ungünstig liegenden Station erst nach der Meldungsdurchgabe aller vor ihr liegenden Stationen wiederholt werden kann, wodurch bis zum ordnungs- gemäßen Empfang der zunächst unterdrückten Meldung ein betrieblich unerwünschter Zeitverlust eintreten würde.

Die Stellungsmeldungen können bei der Fernsteuerung von Mastschaltern in der Regel nicht von freien Hilfs- kontakten wie bei der Fernsteuerung von Unterwerk- schaltern abgeleitet werden. Die Endschalter dieser mei- stens motorisch angetriebenen Schalter liegen näm- lich unmittelbar im Steuerstromkreis und sind daher nicht für eine unmittelbare Durchschaltung auf das Wählergerät verfügbar. Deshalb sind besondere Starkstromhilfsrelais erforderlich, die im Antriebsstromkreis liegen und mit ihren Kontakten das Wählergerät beeinflussen. Auch in der Steuerrichtung werden derartige Zwischenrelais zur Übernahme der Antriebsleistung benötigt. Die Kontakte dieser Steuerhilfsrelais liegen parallel zu den Betätigungs- schaltern der heute in raumsparender Schwachstrombau- weise ausgeführten Ortssteuertafel, die im Bahnst- stellwerk (falls vorhanden) oder im Bahnhofsgelände angeordnet wird.

Die Mastschalter der einzelnen Strecken werden von Bezirkssteuerstellen aus fernbetätigt, die meistens in Bahnknotenpunkten angeordnet werden. In diesen Be- zirkssteuerstellen werden die sternförmig abgehenden Streckenabschnitte auf einer Länge bis zu 50 oder 60 km ferngesteuert und überwacht. Dabei können auch Unter- werke oder Schaltposten in die zentrale Steuerung ein- bezogen werden. Neuerdings ist man bestrebt, die Reich- weite der einzelnen Bezirkssteuerstellen zur Einsparung von Schaltpersonal noch wesentlich zu vergrößern.

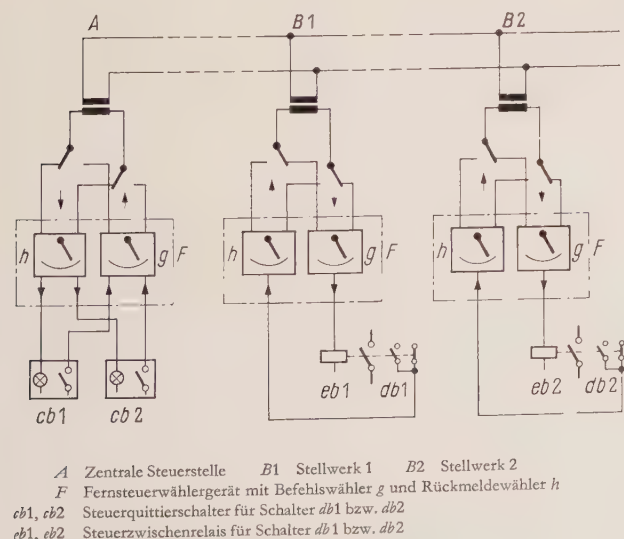


Bild 2 Linienverkehr zum Fernsteuern von Mastschaltern

Zur Fernbetätigung und -überwachung werden für die einzelnen Streckenabschnitte entweder Bedienungspulte oder Schalttafeln angeordnet, auf denen ein einfaches Gleisgruppenbild dargestellt ist. Der Zusammenhang mit den genauen Gleisverzweigungen ist durch ein über dem Gleisgruppenbild angeordnetes ausführliches Gleisverzweigungsbild gegeben (Bild 3). Dabei sind die einzelnen Gleise einer Gleisgruppe jeweils in der gleichen Farbe wiedergegeben wie die zugehörige Gleisgruppe im Leuchtbild.

Um dem Schaltwärter einen leichten Überblick über die Streckenabschnitte zu geben, die bei Betriebsstörungen oder Überholungsarbeiten spannungslos sind, werden die Gruppenabschnitte nicht in Form eines Blindschaltbildes, sondern als Leuchtschaltbild ausgeführt. Dabei werden durch eine zusätzliche Relaiskombination die spannungslosen Streckenabschnitte zum Aufleuchten gebracht.

Die Fernbetätigung und -überwachung der einzelnen Schalter geschieht durch Steuerquittierschalter. Solange der Quittierknebel eines solchen Steuerquittierschalters unbeleuchtet ist, stimmt seine Stellung mit der normalerweise eingenommenen Grundstellung des zugehörigen

Schalters überein. Wird der Mastschalter dagegen aus betrieblichen Gründen vorübergehend entgegen seiner Grundstellung umgeschaltet, so leuchtet der Quittierknebel für die Dauer dieser Umschaltung mit ruhigem Licht und kennzeichnet dadurch die Abweichung des Schalters von der Grundstellung. Eintretene Stellungsänderungen werden, soweit nicht zum Zweck eines vorangegangenen Fernsteuerbefehls bereits eine Vorquittierung geschehen ist, durch Flackerzeichen im Quittierknebel angezeigt.

Für Schaltergruppen, die aus betrieblichen oder wirtschaftlichen Gründen noch ohne Fernsteuergeräte betrieben werden, kann man auf der Bedienungstafel zunächst nur Merkschalter anordnen. Diese werden entsprechend der telefonischen Übermittlung von Schaltbefehlen und Ausführungsmeldungen von Hand umgelegt. Bei den überwiegend verwendeten Bedienungstafeln mit spannungsabhängiger Ausleuchtung der Gleisgruppenabschnitte müssen diese Merkschalter allerdings mit Hilfskontakten versehen oder als Steuerquittierschalter ausgeführt werden, um die für die spannungsabhängige Ausleuchtung erforderliche Relaiskombination entsprechend zu beeinflussen.

Diese Relaiskombination kann auch dazu benutzt werden, dem meistens in der Nähe der Bezirkssteuerstelle angeordneten zentralen Gleisbildstellwerk für die fernbetätigten Strecken Meldungen über spannungslose Streckenabschnitte zu vermitteln; diese Meldungen sind für den reibungslosen Zugbetrieb von Bedeutung. Falls zentrale Gleisbildstellwerke fehlen, können diese Spannungszustandsmeldungen mit Hilfe der vorhandenen Wählergeräte auch an bevorzugte Streckenstellwerke (z. B. in größeren Bahnhöfen) durchgegeben und dort auf einem Gleisbildschema sichtbar gemacht werden. Dadurch erhält der Stellwerkswärter eine zuverlässige Übersicht über die Stromversorgung der ihm zugeordneten Gleisabschnitte. Ein Gleisbildschema, das allein in Abhängigkeit von Kontakten der im Stellwerk angeordneten Stellungskontrollrelais oder örtlich betätigter Merkschalter spannungsabhängig ausgeleuchtet wird, ist nicht so zuverlässig, weil es den Spannungszustand der Gesamtstrecke unberücksichtigt läßt.

Fernbedienungstafeln in Bezirkssteuerstellen werden mehr und mehr in Mosaiksteinbauweise (Bild 4) erstellt [6]. Diese Mosaiksteinbauweise ermöglicht eine außerordentlich leichte Anpassung der Fernbedienungstafel an die meistens zu erwartenden Änderungen des Netz- oder Gleisgruppenbildes. Auch bei Erweiterungen oder beim Hinzukommen der Fernbetätigung neuer Strecken bringt diese einfache Ausbaumöglichkeit große Vorteile.

Lastverteileranlage

Mit der Einbeziehung der speisenden Unterwerke und der Masttrennschalter in das Fernsteuernetz kann die (meistens in einem Bahnknotenpunkt angeordnete)

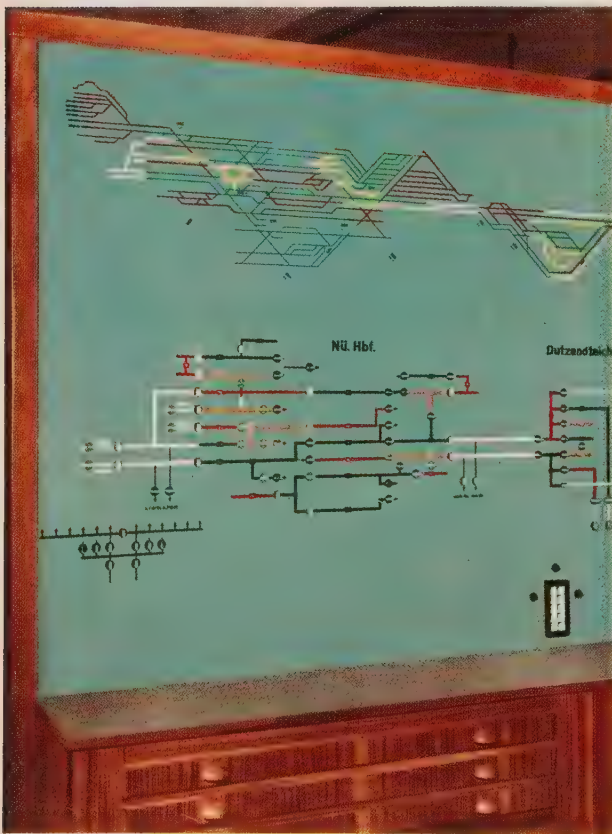


Bild 3 Bedienungstafel für die Fernsteuerung von Mastschaltern mit Gleisbild



Bild 4 Fern-
bedienungstafel
in Mosaikstein-
bauweise für einen
Bahnknotenpunkt

zentrale Steuerstelle die gesamte Stromversorgung ihres Bezirkes steuern und überwachen – von der Hochspannungssammelschiene des bahneigenen Netzes oder der Einspeisung eines Elektrizitäts-Versorgungs-Unternehmens bis zum letzten Mastschalter auf der Strecke.

Diese zentralen Bezirkssteuerstellen haben nur die Stromversorgung eines bestimmten Streckenbereiches fernzusteuern und zu überwachen. Aufgabe einer übergeordneten, für die Bahnstromversorgung eines ganzen Landes oder eines Landesteils verantwortlichen Lastverteilerstelle [7] ist es dagegen, die für die Speisung der einzelnen Bezirks-Streckennetze benötigte Energie hochspannungsseitig zu beschaffen und dabei die bahneigenen oder fremden Energiequellen in wirtschaftlicher Weise auszuschöpfen. Für die zuletzt genannte Aufgabe benötigt die zentrale Lastverteilerstelle außer einem leistungsfähigen Fernsprechnet eine den gesamten Überwachungsbereich umfassende Fernmeßanlage. Durch sie wird der Lastverteiler ständig über die Wirk- und Blindlasterzeugung sämtlicher bahneigenen oder bahnfremden Kraftwerke und auch der Umformerwerke unterrichtet. Diese Werte werden nicht nur dauernd angezeigt, sondern häufig zur nachträglichen Prüfung besonderer Vorgänge im Netz auch registriert. Auch die Übergabeleistungen an den Kuppelstellen zu Nachbar-netzen und die Energieabgabe an gewissen Lastschwerpunkten werden fernmeßtechnisch erfaßt, so daß der Lastverteiler ständig über die jeweilige Energiebilanz unterrichtet ist und die Einhaltung der Tagesfahrpläne

und bestehender Stromlieferungsverträge überwachen kann. Schließlich ist für den Lastverteiler auch noch die Anzeige der Spannung und Frequenz an den Netzkuppelstellen und der Fahrleitungsspannung in stark belasteten Unterwerken von Bedeutung.

Der Energietransport von den einzelnen Kraftwerken oder Netzkuppelstellen im Höchstspannungsnetz zu den speisenden Unterwerken wird mit Hilfe eines Netzbildes vom Lastverteiler überwacht. Auf diesem Netzbild ist die Stellung aller für die Energieübertragung wichtigen Schalter des Hochspannungsnetzes wiedergegeben. Jede durch Schutzauslösung oder Steuerung eingetretene Stellungsänderung eines oder mehrerer Schalter des Netzes wird durch die vorgesehenen Fernmeldegeräte innerhalb weniger Sekunden selbsttätig auf dieses Netzbild übertragen und dort, zugleich mit einem akustischen Alarm, durch Flackerzeichen im zugehörigen Meldeorgan gekennzeichnet. Hierdurch ist es dem Lastverteiler möglich, sofort Art und Umfang einer Störung im Netz und ihre betriebliche Bedeutung zu erkennen und die erforderlichen Gegenmaßnahmen zu ergreifen.

Dem gleichen Zweck dienen die zusätzlich übertragenen Meldungen vom Ansprechen der Erdschlußwischerrelais. Bei Ansprechen dieser Relais leuchten im Netzbild der Lastverteilerstelle Erdschlußpfeile mit rotem oder weißem Licht auf, je nachdem, ob die Richtung zum eingetretenen Erdschluß von der meldenden Station weg- oder zur Station hinweist. Nach dem Empfang der Erd-

schlußmeldungen aus allen überwachten Stationen werden die roten Erdschlußpeile an den Enden der mit Erdschluß behafteten Strecke zum Flackern gebracht, so daß die betroffene Strecke leicht erkannt werden kann. Um das eingestellte Erdschlußbild nicht durch etwa zusätzlich eintreffende Erdschlußmeldungen einer neuen Störung zu verwirren, wird der Empfang bzw. die Kennzeichnung weiterer Erdschlußmeldungen anschließend für kurze Zeit unterbunden. Aufgrund der Anzeige des Erdschlußbildes kann der Lastverteiler bei einem Dauererdschluß die betroffene Fernleitung sofort herausschalten lassen. Damit wird ein etwa nachfolgender Doppelerschuß oder Kurzschluß mit den dadurch bedingten Betriebsstörungen verhindert; bei einem vorübergehenden Erdschluß kann auf diese Weise der Isolationszustand der betroffenen Fernleitung geprüft werden.

Zu bemerken bleibt, daß auch die Netzbilder für derartige Lastverteilerstellen heute überwiegend in Mosaiksteinbauweise ausgeführt werden, wobei statt der Meldungs-signalisierung durch Quittierschalter die Schalterstellung oder -stellungsänderung durch Signallampen gekennzeichnet wird.

Die in solchen Lastverteileranlagen zu überbrückenden Entfernungen können bis zu mehreren hundert Kilometern betragen. Dadurch wird es erforderlich, daß Fernmeß- und Fernmeldeimpulse über Tonfrequenz- oder Tfh-Übertragungseinrichtungen übermittelt werden, die eine Mehrfachausnutzung der zur Lastverteiler-

stelle führenden Doppelader eines Fernmeldekabels bzw. der dorthin führenden Hochspannungsleitung ermöglichen.

Die beschriebenen Fernwirkgeräte sind ein kaum entbehrliches Hilfsmittel für den reibungslosen Betrieb des Stromversorgungsnetzes von Verkehrsbetrieben geworden. In den verschiedensten Betrieben dieser Art in Deutschland, dem europäischen Ausland und in Übersee dienen Siemens-Fernwirkanlagen

zur Fernsteuerung und Stellungsmeldung von etwa 7000 Leistungs- oder Mastschaltern,

zur Stellungsmeldung von weiteren 600 Schaltern, zum Übertragen von etwa 3300 Warn-, Betriebs- und Erdschlußmeldungen und

zur Anwahl von etwa 700 Fernmeßwerten.

Alle diese Fernwirkvorgänge werden betriebssicher und fehlerfrei durchgeführt.

Schrifttum

- [1] Henning, W.: Die Fernbedienungstechnik im Dienste der Elektrizitätsversorgung. R. Oldenbourg München 1959
- [2] Henning, W.: Das Siemens-Fernsteuerwählergerät in Stromversorgungsanlagen. Siemens-Zeitschrift 32 (1958) 706 bis 715
- [3] Muschik, A. und Pumpe, G.: Ein elektronisches Fernsteuersystem. Siemens-Zeitschrift 33 (1959) 486 bis 492
- [4] Kraushaar, E.: Zusammenfassende Betrachtung der Siemens-Fernmeßverfahren für die Elektrizitätswirtschaft. Siemens-Zeitschrift 31 (1957) 325 bis 329
- [5] John, S.: Neue Geräte für die Fernmessung mit Transistoren. Siemens-Zeitschrift 34 (1960) 674 bis 679
- [6] Henning, W.: Das Mosaikstein-Netzbild. Siemens-Zeitschrift 31 (1957) 275 bis 277
- [7] Rosinus, F.: Die Fernüberwachungsanlage im süddeutschen Bahnstromnetz. Siemens-Zeitschrift 30 (1956) 51 bis 58

Raumschutz mit elektromagnetischen Feldern

VON SVEN WIRÉN

Zum Schutz von Räumen gegen unbefugten Zutritt bedient man sich seit langem elektrischer Stromkreise, die an zentraler Stelle überwacht werden. Hierzu kann man beispielsweise Fenster und Türen der zu schützenden Räume mit Kontakteinrichtungen versehen, die von Ruhestrom durchflossen werden. Beim Öffnen werden die Kontakteinrichtungen betätigt und bewirken eine Veränderung im Ruhestromkreis. Ein Überwachungsrelais spricht auf diese Veränderung an und löst die Alarmierung der hilfeleistenden Stelle aus. Derartige Sicherungsanlagen gewähren gegen Einbruch einen ausreichenden Schutz. Sie geben jedoch einen Alarm erst dann, wenn der Zutritt zum geschützten Raum bereits erzwungen wurde. In vielen Fällen ist es aber nötig, daß bereits bei Annäherung einer Person an den zu schützenden Bereich alarmiert wird, z. B. dann, wenn ein Eindringling bereits festgenommen werden soll, bevor er

Schaden anrichtet. Eine solche Sicherung ist möglich, wenn man den zu schützenden Bereich (Räume oder Objekte) mit elektromagnetischen Feldern umgibt. Ein Eindringling verändert solche Felder, wodurch über einen Indikator Alarm ausgelöst werden kann. Im folgenden wird zunächst das Prinzip einer von Siemens & Halske gebauten Feld-Raumschutz-Anlage geschildert. Anschließend wird auf die Wirkungsweise und den Aufbau solcher als »Raumwächter« bezeichneten Geräte eingegangen.

Prinzip des Feld-Raumschutzes

Bei der Schaffung des Feld-Raumschutzes wurde davon ausgegangen, daß die Kapazität eines durch zwei metallische Elektroden gebildeten Luft-Kondensators verändert wird, wenn in den Bereich dieser Elektroden Materie

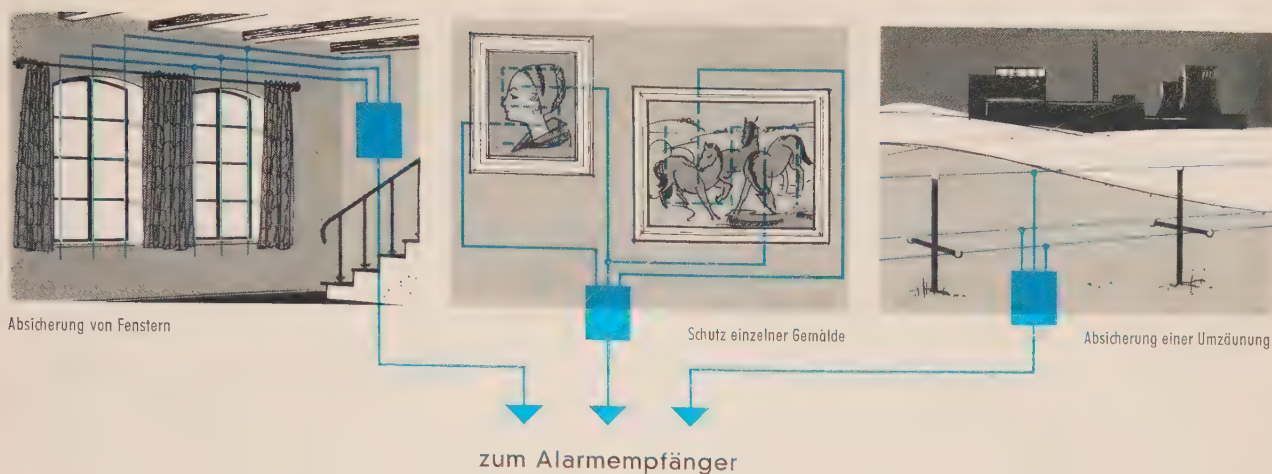


Bild 1 Beispiele für die Anwendung des Feld-Raumschutzes

gelangt, deren Dielektrizitätskonstante sich von derjenigen für Luft unterscheidet. Reiht man z. B. mehrere Elektroden in gewissen Abständen aneinander und überwacht die Kapazität der Elektroden zueinander, so erhält man eine Schutzzone gegen Störeinflüsse. Bild 1 zeigt einige Beispiele hierfür. Da die absolute Größe der Kapazität sich langsam ändern kann, ist es notwendig, eine solche Überwachung vorzusehen, bei der nur rasche Kapazitätsänderungen ein Alarmkriterium hervorrufen. Als Überwachungsschaltung wurde eine kapazitive Wheatstone-Brücke mit symmetrischem Aufbau gewählt, wobei die den Raum überwachenden Elektroden Bestandteil der Brücke sind. Durch den Aufbau der Schaltung werden symmetrische Fremdstöreinflüsse weitgehend kompensiert.

Da bei Sicherheitsanlagen auch eine Überwachung der internen Schaltungen eines Gerätes angebracht ist, wird die kapazitive Brücke so weit vorverstimmt, daß im Betriebszustand der »Ruhe« eine vom Wert Null verschiedene Diagonalspannung auftritt. Veränderungen dieser Spannung infolge Beeinflussung der Elektrodenkapazitäten werden als Alarmkriterium ausgewertet.

Die Kapazitäten der Elektroden zueinander bleiben nicht dauernd konstant, sondern können sich durch Temperatur- und Feuchteschwankungen langsam ändern. Deshalb dürfen sehr kleine Kapazitätsänderungen je Zeiteinheit noch keine Alarmierung ergeben. Diese Bedingung wird durch eine Differenzierschaltung erfüllt. Der Bereich der auszuwertenden Brücken-Diagonalspannung, innerhalb dessen differenziert wird, ist nach oben und unten durch eine Maximum-Minimum-Überwachung begrenzt und kann verändert werden.

Zum Schutz gegen Sabotage ist eine Impulskontrolle vorgesehen; dabei wird in bestimmten Zeitintervallen die Brückenschaltung für die Kontrolle kurzzeitig verstimmmt. Dieser Eingriff erfordert eine Koinzidenzschal-

tung, um für die Dauer der durch die Impulskontrolle bewirkten Verstimmung der Brücke eine Alarmierung der hilfeleistenden Stelle zu unterbinden. Bleibt das erwartete interne Alarmkriterium aus, so wird Vollalarm gegeben. Durch diese Kontrolle wird geprüft, ob die Überwachungsschaltung ihre ursprünglich eingestellte Empfindlichkeit beibehalten hat.

Wirkungsweise

Bild 2 zeigt den Aufbau des Feld-Raumschutzes in schematischer Darstellung.

Die den Raum überwachenden Elektroden a , m , b sind Bestandteil einer kapazitiven Wheatstone-Brücke mit symmetrischem Aufbau. Sie bilden die Nutzkapazitäten C_{a-m} und C_{b-m} . Ein Eindringling im Bereich der Elektroden verändert diese Kapazitäten. Die Brückenschaltung wird von einer stabilisierten Wechselstromquelle gespeist. Die Schaltung ist so ausgelegt, daß Fremdeinflüsse von HF-Sendern oder atmosphärische Störungen weitgehend kompensiert werden.

Bei abgeglichenen Brückenschaltung hat die Spannung am Brückenübertrager den Wert Null ($U_B = 0$). Da für die elektronische Auswerterschaltung eine ständige Funktionsüberwachung erwünscht ist, wird die kapazitive Brücke so vorverstimmt, daß am Brückenübertrager eine Spannung U_B auftritt. Diese Spannung schwankt bei unsymmetrischer Änderung der Nutzkapazitäten C_{a-m} , C_{b-m} . Eine solche unsymmetrische Änderung ist bei der Annäherung eines Menschen immer gegeben.

Die Spannung U_B wird über einen Transistor-Verstärker dem Differenzierteil zugeführt, wo sie für die Auswertung bereitsteht. Im Differenzierteil wird diese Spannung weiter verstärkt und auf den Eingang eines Übertragers geschaltet. An den Ausgangswicklungen dieses Übertragers werden Spannungen erzeugt, mit denen das Überschreiten und das Unterschreiten von bestimmten Werten der Spannung U_B gegenüber Vergleichs-

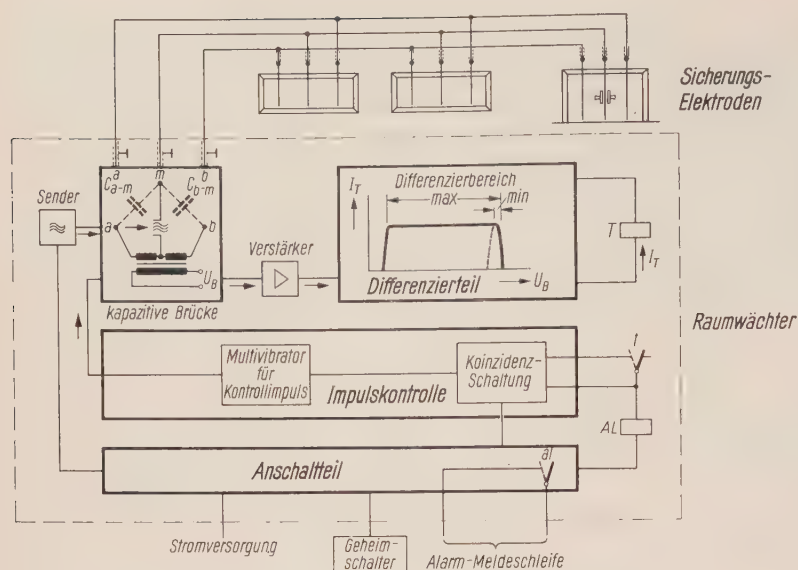


Bild 2 Grundsätzliche Schaltung einer Feld-Raumschutzanlage

werten der Betriebsspannung überwacht werden. Extrem langsame Spannungsänderungen werden mit Hilfe einer Differenzierschaltung unwirksam gemacht. Werden diese Bedingungen nicht eingehalten, so unterschreitet der Strom I_T den zulässigen Wert. Da er den Haltestrom für das Relais T darstellt, fällt dieses ab und gibt Alarm.

Durch Auswahl des Differenzierbereiches kann das Gerät den örtlichen Verhältnissen und Sicherheitsbedürfnissen angepaßt werden. Der Sender, die Verstärker und die Auswertschaltung des Differenzierteiles sind mit Transistoren ausgerüstet.

Die »Impulskontrolle« enthält einen astabilen Transistor-Multivibrator (s. Bild 2). Dieser verstimmt die kapazitive Brücke mit Hilfe von Impulsen. Gleichzeitig wird in der Koinzidenzschaltung ein Vorgang angeregt, der das Abfallen des Alarmrelais T vorübergehend unwirksam macht, d. h., das Relais AL kann nicht abfallen, bis die Kontrollzeit beendet ist. Sollte der Kontrollimpuls, durch den Relais T für kurze Zeit zum Abfall gebracht werden muß, nicht wirksam werden, so bleibt ein Relais der Koinzidenzschaltung erregt. Nach Beendigung der Kontrollzeit wird dann der Haltekreis für Relais AL unterbrochen und Alarm ausgelöst. Die »Impulskontrolle« führt somit eine regelmäßige Überprüfung der Brückenempfindlichkeit, der Verstärker sowie der Empfindlichkeit des Differenzierteiles durch. Eine u. U. ausgeübte Sabotage durch Störeingriffe bei abgeschalteter Anlage wird durch die »Impulskontrolle« als Alarm angezeigt.

Die Stromversorgung für den Sender, den Verstärker, den Differenzierteil und die »Impulskontrolle« wird für einen großen Bereich der Speisespannung stabilisiert, um Störeinflüsse infolge Lastschwankungen zu vermeiden.

Raumwächter

Die beschriebenen Feld-Raumschutz-Einrichtungen wurden zu einem Gerät, dem »Raumwächter«, vereinigt. Er stellt die Grundeinheit der Feld-Raumschutz-Anlagen dar.

Der Raumwächter ist in einem Metallgehäuse untergebracht, das sich für Auf- und Unterputzmontage eignet. Die Tür des Raumwächters wird mit einem Sicherheitsschloß gesperret. Sie ist außerdem durch einen Schutz gegen Anbohren und durch einen verdeckt eingebauten Türkontakt gegen gewaltsames Öffnen gesichert.

Im Inneren des Gehäuses befindet sich der Grundteil (s. Bild 3). Er enthält den Sender, die kapazitive Brücke, den Verstärker und die Relais für die Umschaltung von Tag- in Nachtbetrieb. Auf dem Grundteil sind der Differenzierteil und die »Impulskontrolle« steckbar ange-

ordnet. Wird die »Impulskontrolle« nicht eingesetzt, so dient ein Verbindungsstecker als Nachbildung.

Um den Raumwächter den verschiedenen Forderungen anpassen zu können, wurde ein steckbarer Anschaltteil geschaffen. Dieser bestimmt durch seine Schaltung, wie der Raumwächter eingesetzt werden kann.

Der Anschaltteil stellt jeweils mit seiner Steckverbindung auch die Verbindung zwischen dem Grundteil und dem Anschluß der Außenkabel her. Nur die Elektrodenkabel werden mit dem Grundteil unmittelbar verbunden. Für den Anschluß der Außenkabel wurden im Inneren des Gehäuses Klemmleisten angeordnet, die mit den Steckverbindungen zum Anschaltteil fest verbunden sind.

Für die Montage eines Raumwächters werden das Gehäuse und die elektrischen Baueinheiten getrennt geliefert. Es kann deshalb zunächst das leere Gehäuse montiert werden; danach lassen sich leicht alle erforderlichen Kabel in das Gehäuse einführen. Erst wenn keine Gefahr der Verschmutzung mehr besteht, werden die Baueinheiten in das Gehäuse eingesetzt.

Bei Inbetriebnahme sind lediglich einige Abgleichvorgänge erforderlich, um das Gerät den Kapazitätsverhältnissen der jeweiligen Elektroden-Anordnung anzupassen.

Ortsbediente Raumwächter

Für kleinere Anlagen ist der »ortsbediente Raumwächter« (Bild 3) vorgesehen, der allein – ohne Verbindung zu einer Zentrale – arbeitet. Beim »ortsbedienten Raumwächter mit Kontaktsicherungsschleife« lassen sich

zusätzlich Kontaktsicherungen mit ihren Schutz-Widerständen anschließen.

Der Anschaltteil für den »ortsbedienten Raumwächter« hat Leucht-Drucktasten, mit denen der Raumwächter von Tagbetrieb (Elektroden-Kapazitäten sind unwirksam) auf Nachtbetrieb (Elektroden-Kapazitäten sind wirksam) umgeschaltet werden kann. Die zugehörigen Lampen kennzeichnen den jeweils eingestellten Betriebszustand.

Fällt das Relais *AL* ab (s. Bild 2), so wird auf zweierlei Weise Alarm gegeben:

a) örtlicher Alarm

(bei Tagbetrieb sowie bei geöffneter
Gehäusetür auch bei Nachtbetrieb),

b) Fernalarm, z. B. zur Polizei

(bei Nachtbetrieb und geschlossener Tür),

In beiden Fällen kann ein eingebauter Summer angeschaltet werden, der beim Öffnen der Gehäusetür verstummt. Bei geöffneter Gehäusetür leuchtet eine Alarmlampe im Anschaltteil. Der Alarm kann mit einer Taste zurückgestellt werden. Im Anschaltteil ist eine Lade- und Batterieüberwachung eingebaut, mit der die außenliegende Stromversorgung überwacht werden kann. Störungen an der Stromversorgung werden durch den eingebauten Summer und bei geöffneter Gehäusetür durch

Lampen kenntlich gemacht. Für zusätzliche Alarm- und Störungsanzeigen stehen freie Kontakte zur Verfügung. Die ortsbedienten Raumwächter können mit einem außenliegenden Geheimschalter zusammenarbeiten, dessen Geheimnummer vom Bedienenden gewählt werden kann. Diese Nummer wird mit Hilfe eines Drehschalters eingestellt. Bei allen anderen Schalterstellungen wird nach einer vorgegebenen Zeit ein Alarm verursacht. Dadurch werden Eindringversuche durch Unbefugte angezeigt.

Zentralbediente und zentralüberwachte Raumwächter

Umfangreiche Raumsicherungen, die viele Raumwächter erfordern, werden mit »zentralbedienten Raumwächtern« oder mit »zentralüberwachten Raumwächtern« betrieben. Diese Raumwächter arbeiten mit Zentralen zusammen, von denen aus sie überwacht und gegebenenfalls bedient werden.

Der Anschaltteil für den »zentralbedienten Raumwächter« enthält die Relais für eine Fernumschaltung des Raumwächters von Tag- in Nachtbetrieb sowie ein Meßwert-Anschaltrelais zum Überprüfen der Brückenspannung.

Der Anschaltteil für den »zentralüberwachten Raumwächter« enthält dagegen keine Umschalt-Einrichtung.

Bei zentralbedienten und zentralüberwachten Raumwächtern befinden sich die Überwachungseinrichtungen für die Alarmschleifen der Raumwächter an zentraler Stelle. Die Türkontakte dieser Raumwächter sind jeweils innerhalb der Alarmschleife angeordnet, so daß beim Öffnen der Gehäusetür Alarm verursacht wird.

Wird ein Raumwächter ohne die »Impulskontrolle« betrieben, so geschieht die Kontrolle der Überwachungsschaltung einmalig beim Umschalten des Raumwächters von Tag- in Nachtbetrieb.

Anwendung des Raumwächters

Der Raumwächter eignet sich zur Sicherung von Räumen, ihren Zugängen sowie von Schutzobjekten innerhalb und außerhalb von Gebäuden. Zu schützende Räume, Öffnungen (Fenster, Türen u. dgl.), Objekte oder Gelände werden mit zweckentsprechenden Elektroden versehen, die über kapazitätsarme Kabel mit dem Raumwächter verbunden werden. Es besteht ferner die Möglichkeit, metallische Körper (Panzerschränke, Aktenschränke usw.) isoliert aufzustellen und im Zusammenwirken mit einer Hilfselektrode selbst als Elektrode zu verwenden. Ebenso lassen sich auch Bilder gegen Annäherung oder Abheben schützen.

Die Verwendungsmöglichkeiten sind umfangreich und können durch Aufgabenstellungen aus der Praxis jederzeit erweitert werden.

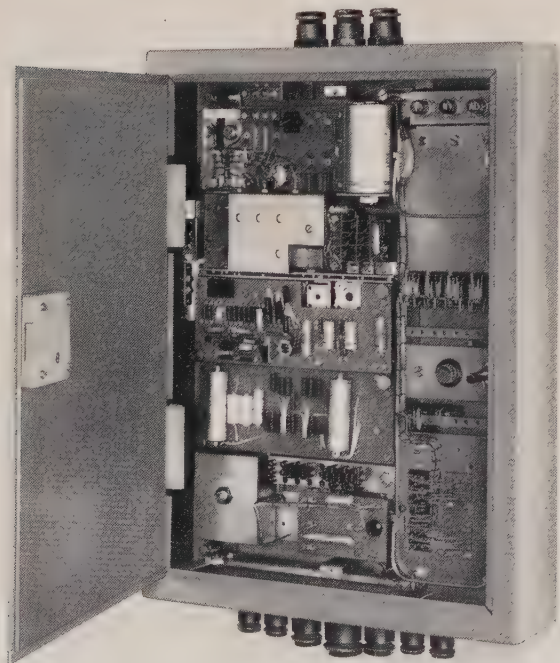


Bild 3 Ortsbedienter Raumwächter

SIBATIT W, eine neue Titanatkeramik

VON WALTER HEYWANG, ERICH FENNER UND RUDOLF SCHÖFER

Nach der Entdeckung der hohen Dielektrizitätskonstante perowskitischer Erdalkalititanate, z. B. von Bariumtitanat, war es zunächst das Bestreben, Dielektrika für Kondensatoren höchster Raumkapazität zu entwickeln. Hierbei zeigte sich jedoch, daß die Erhöhung der Dielektrizitätskonstante (DK) mit störenden Begleiterscheinungen verknüpft ist, die sich aus dem ferroelektrischen Charakter dieser Substanzen ergeben. Um dies zu erläutern, soll zunächst ein kurzer Überblick über die Eigenschaften ferroelektrischer keramischer Stoffe gegeben werden.

Dielektrisches Verhalten ferroelektrischer Keramik

Ferroelektrische Stoffe sind dadurch gekennzeichnet, daß sie spontan polarisierte Kristallbereiche enthalten. Diese sogenannten Domänen, deren Polarisationsrichtungen im unvorbehandelten Kristall gleichmäßig über die drei Kristallachsen verteilt sind, können ähnlich wie bei ferromagnetischen Stoffen durch ein äußeres Feld ausgerichtet werden und bleiben auch nach Aufheben des Feldes mehr oder minder ausgerichtet. Die Größe dieser Polarisation ist temperaturabhängig. Oberhalb der Curie-Temperatur ist sie Null, so daß also bei hinreichend hoher Temperatur die ferroelektrischen Eigenschaften verschwinden.

Die Kurven der Bilder 1 und 2 sollen das elektrische Verhalten des normalen BaTiO₃ in Abhängigkeit von der Temperatur veranschaulichen. Beginnt man bei hohen Temperaturen, so befolgt die DK zunächst ein Curie-Weißsches Gesetz

$$\epsilon = \frac{C}{T - T_c}$$

(C Curie-Konstante)

mit einer Curie-Temperatur T_c von etwa 120 °C. Wird diese Temperatur unterschritten, bei der $\epsilon = \infty$, d. h. das Gitter instabil würde, so bildet sich die permanente Polarisation aus (Kurve P in Bild 1). Hierbei wird die oberhalb T_c kubische Gitterzelle tetragonal verzerrt, und zwar ist die Gitterkonstante in der Polarisationsrichtung um etwa 1% größer (c-Achse des Einkristalls) als in der Richtung senkrecht zur spontanen Polarisation (a-Achse). Trotz dieser schwachen Anisotropie ist die Dielektrizitätskonstante (für kleine Feldstärken) in verschiedenen Achsenrichtungen sehr stark unterschiedlich: In Richtung der permanenten Polarisation beträgt sie einige Hundert (ϵ_c), senkrecht dazu einige Tausend (ϵ_a)

In einem keramischen Material mit willkürlicher Anordnung der Kristallite wird im normalen Zustand ein mitt-

lerer Wert für die Dielektrizitätskonstante ϵ_m gefunden. Überlagert man jedoch dem kleinen Meßwechselfeld ein starkes Gleichfeld, so orientiert sich die permanente Polarisation in Richtung des Gleichfeldes um, so daß wegen

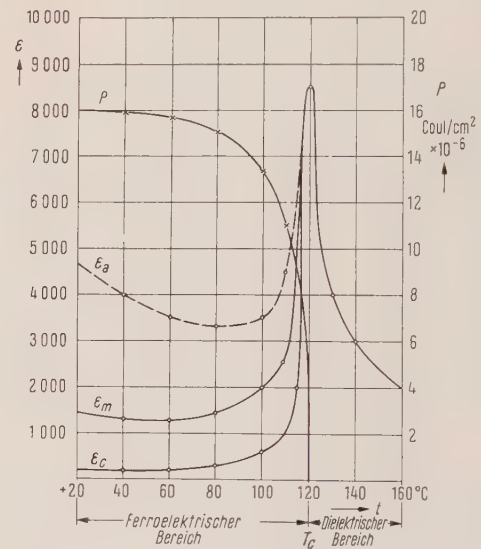
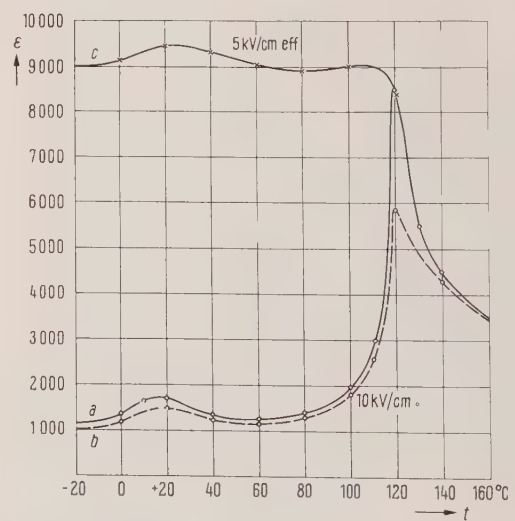


Bild 1 Polarisation und Dielektrizitätskonstanten in BaTiO₃-Einkristallen



a Kleine Meßspannung
b Kleine Meßspannung mit überlagerter Gleichspannung (10 kV/cm)
c Große Meßspannung (5 kV/cm eff.)

Bild 2 Feldabhängigkeit der Dielektrizitätskonstante in BaTiO₃-Keramik

$\epsilon_c < \epsilon_a$ die mittlere DK in Richtung des Feldes, vor allem in der Umgebung des Curie-Maximums, absinkt (vgl. Bild 2, Kurve *b*). Mißt man die Kapazität nicht mit kleinen Wechselfeldstärken, sondern mit so großen, daß die permanente Polarisation vom Meßfeld umorientiert werden kann, so erhält man zusätzlich zur DK für kleine Felder noch einen effektiven DK-Anteil aus dem Orientierungswechsel der Polarisation, so daß die DK stark zunimmt (Kurve *c* in Bild 2). Da der Richtungswechsel der permanenten Polarisation die Überwindung einer Koerzitivkraft erfordert, folgt der Gang der dielektrischen Verschiebung im elektrischen Wechselfeld ähnlichen Gesetzen, wie sie bei der Ummagnetisierung ferromagnetischer Stoffe durch ein magnetisches Wechselfeld allgemein bekannt sind (Hysteresese usw.). Zur Erläuterung hierzu ist in Bild 3a die Hystereseschleife von normalem BaTiO₃ mit verschiedenen Wechselspannungen wiedergegeben. In Bild 3b wurde die Hystereseschleife von einem 50-Hz-Wechselfeld erzeugt, dem ein schwächeres Feld von 750 Hz überlagert war. Dieses ist kleiner als die Koerzitivfeldstärke, so daß die von ihm erzeugten Kurvenäste jeweils der reversiblen DK (ohne Umpolarisationsvorgänge) entsprechen.

Entwicklungstendenzen

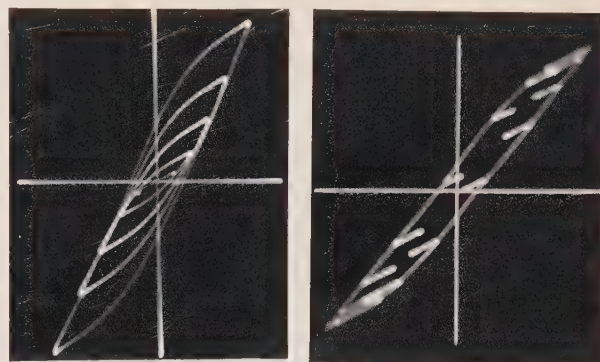
Um höchste Dielektrizitätskonstanten bei Raumtemperatur zu erzielen, wird im allgemeinen das Curie-Maximum mit Hilfe von Zusätzen (z. B. von Strontiumtitanat oder Bariumzirkonat) nach tieferen Temperaturen hin verschoben. Die Arbeitstemperatur des Kondensators liegt dann aber im Bereich höchster Gleichspannungsabhängigkeit. Diese Abhängigkeit nimmt im allgemeinen bei Erhöhung der DK und Verbreiterung des Curie-Maximums noch weiter zu. Ein Vermeiden des ferroelektrischen Bereiches ist für hohe DK-Werte nicht möglich, da im interessierenden Gebiet oberhalb der Curie-Temperatur zu große negative Temperaturkoeffizienten der DK auftreten. Aus diesem Grund wurde schon frühzeitig im Forschungslaboratorium der Siemens & Halske AG nach Wegen gesucht, die unerwünschten ferroelektrischen Begleiterscheinungen unterhalb des Umwandlungspunktes möglichst zu unterdrücken, ohne die Höhe der DK stark zu beeinträchtigen. Den Schlüssel hierzu bildet nach dem Gesagten die permanente Polarisation, die verkleinert oder deren Umlappen nach Möglichkeit verhindert werden muß.

Zur Beeinflussung der permanenten Polarisation sind zwei Wege möglich:

1. Entpolarisation durch Verkleinerung der gleichsinnig polarisierten Gitterbereiche. Dieser Weg wurde bereits früher beschritten¹⁾ und führte zur Entwicklung einer Keramik mit möglichst kleinen homogenen Gitterbereichen (feinkristallines BaTiO₃, Handelsname SIBATIT* H).

2. Zugabe chemischer Substanzen, die die Ausbildung der permanenten Polarisation beeinflussen.

Der erste Weg ist physikalisch leichter zu überblicken, stößt aber auf eine Grenze, die durch das keramische Herstellungsverfahren bedingt ist. Will man eine weitere Verringerung der ferroelektrischen Eigenschaften erzielen, so bleibt nur der zweite Weg, für den aber die Frage der geeigneten Substanz zunächst offen steht. Die üblicherweise verwendeten Zusatzstoffe führen vor allem zu einer Verschiebung des Curie-Maximums, nicht aber zur gewünschten Verringerung der Ferroelektrizität. Es wurden zwar auch schon andere Zusatzstoffe bekannt, wie CaO, Y₂O₃, die ohne nennenswerte Verschiebung



a Bei 1, 2, 3, 4, 6 kV/cm (50 Hz) b Bei 4 kV/cm (50 Hz),
überlagert mit 0,5 kV/cm (750 Hz)

Bild 3 Hystereseschleifen des normalen BaTiO₃

des Curie-Punktes die ferroelektrischen Eigenschaften beeinflussen, jedoch nur im Sinne einer Verstärkung.

Bei der Untersuchung des hierbei vorliegenden Mechanismus zeigte sich, daß die den Kalziumionen verwandten Ionen des Kobalts, Nickels und Zinks ebenfalls primär die ferroelektrischen Eigenschaften beeinflussen, sie im Gegensatz zu denen des Kalziums aber verringern. Dies dürfte im Zusammenhang stehen mit der hohen Polarisierbarkeit ihrer nicht abgesättigten inneren Elektronenschalen. Das Optimum läßt sich mit Nickel erreichen, wenn es in der richtigen Form ins Gitter eingebaut wird. Durch Zusetzen von Nickel in Verbindung mit dem für SIBATIT H entwickelten technischen Verfahren zum Erzielen feinkristalliner Massen konnte eine neue hochdielektrische Masse, SIBATIT W, entwickelt werden. Im folgenden sollen die Eigenschaften dieser Keramik näher diskutiert und mit dem Verhalten von normalem Bariumtitanat und SIBATIT H verglichen werden.

1) Kniepkamp, H. und Heywang, W.: Angew. Physik 6 (1954) 385 bis 390

* Eingetragenes Warenzeichen

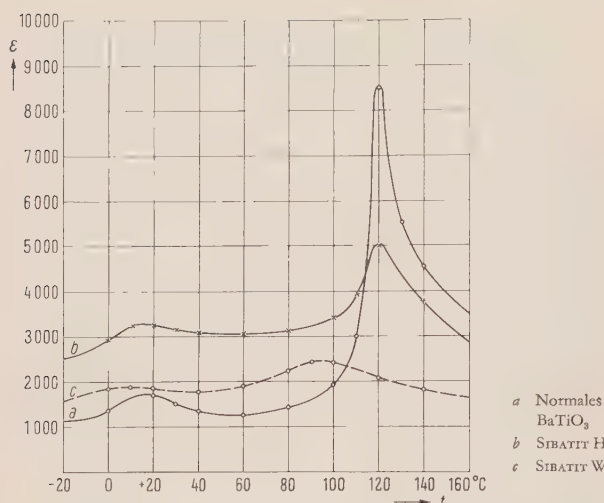


Bild 4 Temperaturgang der DK

Eigenschaften des SIBATIT W

Temperaturgang der DK

In Bild 4 ist der Temperaturgang der DK des SIBATIT W aufgetragen (Kurve *c*) im Vergleich zu normalem BaTiO_3 (Kurve *a*) und SIBATIT H (Kurve *b*). Man erkennt, daß das Curie-Maximum noch weniger in Erscheinung tritt als bei SIBATIT H. Seine Lage hat sich gegenüber normalem BaTiO_3 nur wenig verschoben (von 120°C auf etwa 100°C). Die DK im ferroelektrischen Bereich ist gegenüber SIBATIT H von etwa 3000 auf etwas unter 2000 abgesunken; sie liegt aber noch beträchtlich über der des normalen Bariumtitanats. Der untere Umwandlungspunkt bei etwa 10°C ist ebenso wie das Curie-Maximum stark verflacht und gegenüber reinem BaTiO_3 nur wenig verschoben.

Hystereseverhalten

Die Bedeutung der neuen Masse wird erkennbar, sobald man ihre ferroelektrischen Eigenschaften näher untersucht. Am augenfälligsten zeigt sich dies in der Gestalt der Hystereseschleife (Bild 5c). Sie wurde aufgenommen bei einem effektiven Wechselfeld von 4 kV/cm (50 Hz),

dem ein 750-Hz-Feld von etwa 0,5 kV/cm überlagert war. Zum Vergleich sind die Oszillographenbilder für normales BaTiO_3 (Bild 5a) und SIBATIT H (Bild 5b) gegenübergestellt.

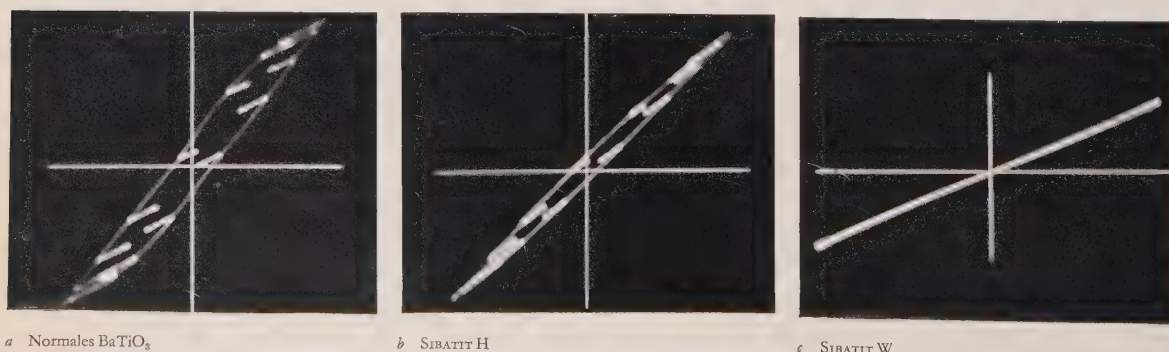
Während auch bei SIBATIT H die Schleife noch beachtlich geöffnet ist und ein deutlicher Unterschied zwischen reversibler und nicht reversibler DK auftritt, verhält sich SIBATIT W unter diesen Bedingungen noch wie eine nicht ferroelektrische Substanz (Bild 5c). Erhöht man aber das Wechselfeld von 4 kV/cm auf 8 kV/cm, so zeigt sich auch bei SIBATIT W eine geringe Schleifenöffnung, jedoch in Form einer Doppelschleife (Bild 6). Diese Form der Hystereseschleife bleibt auch bei Dauerbelastung erhalten, im Gegensatz zu gelegentlich auftretenden Einschnürungen in der Hystereseschleife gealterten Bariumtitanats.

Derartige stabile doppelte Hystereseschleifen sind von antiferroelektrischen Stoffen her bekannt, bei denen die permanente Polarisierung der einzelnen Gitterzellen unterhalb der Curie-Temperatur nicht gleichgerichtet ist, sondern senkrecht zur Polarisationsrichtung von Zelle zu Zelle wechselt. Erst bei Überschreiten einer kritischen Feldstärke kann die antiparallele Ausrichtung der Polarisierung in den einzelnen Gitterzellen in eine parallele umgewandelt werden (Öffnung der Hystereseschleife). Wird diese Feldstärke wieder unterschritten, so stellt sich sofort der antiferroelektrische Zustand wieder ein (vgl. die schematische Darstellung Bild 7). Bleibt man also unterhalb der kritischen Feldstärke, so verhält sich eine antiferroelektrische Substanz einer nicht ferroelektrischen sehr ähnlich.

Gleichfeld- und Wechselfeldabhängigkeit der DK

Genauer lassen sich die Unterschiede zwischen einer antiferroelektrischen und einer rein dielektrischen Substanz durch Messung der Feldstärkeabhängigkeit der DK erkennen.

Betrachtet sei zunächst der Einfluß eines überlagerten Gleichfeldes. Hierbei ergibt sich in Übereinstimmung



a Normales BaTiO_3

b SIBATIT H

c SIBATIT W

Bild 5 Vergleich der Hystereseschleifen bei 4 kV/cm (50 Hz), überlagert mit 0,5 kV/cm (750 Hz)

mit der Hystereseschleife bis zu 20 kV/cm kein meßbarer Effekt.

Anders steht es bei Erhöhung der Amplitude des Meßfeldes. Es zeigt sich hier auch bei Feldstärken, bei denen die Hystereseschleife noch nicht geöffnet erscheint, eine Erhöhung der DK mit zunehmender Wechselspannung. Dieser Effekt ist nur zum Teil auf die auch im Oszillographenbild angedeutete Krümmung der Kennlinie zurückzuführen. Mit zunehmender Amplitude ändert sich nämlich der Neigungswinkel der fast geradlinigen Kennlinie etwas. Dies zeigt, daß durch die Erhöhung des Feldes zusätzliche Polarisationsmechanismen in Funktion treten, die – in Gegensatz zu den üblichen ferroelektrischen – frei von Hysterese sind. Es muß jedoch betont werden, daß diese Abhängigkeit der DK von der Wechselfeldamplitude klein ist gegenüber der von SIBATIT H, das seinerseits in der Wechselfeldabhängigkeit weit unter normalem BaTiO_3 liegt (Bild 8). Vor allem unterscheiden sich die Meßkurven für steigende und fallende Feldbelastung kaum mehr.

Verzerrung der Elementarzelle Elektrostriktion

Infolge der spontanen Polarisierung ist die Gitterzelle bei den ferroelektrischen Stoffen in Polarisationsrichtung elektrostriktiv verzerrt. Die Größe dieser Verzerrung stellt ein Maß dafür dar, wie stark sich eine solche Polarisierung auszubilden vermochte. Die röntgenographische Untersuchung der Kristallstruktur des SIBATIT W ergab gegenüber normalem BaTiO_3 eine geringfügige Aufweitung des Gitters infolge des Nickeleinbaues ($a = 4,006 \text{ \AA}$ gegenüber $a_{\text{BaTiO}_3} = 3,994 \text{ \AA}$). Die tetragonale Verzerrung sank von $c:a = 1,010$ auf $c:a = 1,005$. Auch bei einer antiferroelektrischen Substanz ist nicht zu erwarten, daß die tetragonale Verzerrung vollständig verschwindet, da auch in ihrem Gitter eine ausgezeichnete Richtung vorhanden ist. Eine genauere Auskunft über die Kompensation der spontanen Polarisierung innerhalb des Gitters infolge antiparalleler Orientierung erhält man durch Messen der Elektrostriktion. In einem antiferroelektrischen Material müssen sich die Piezoeffekte benach-

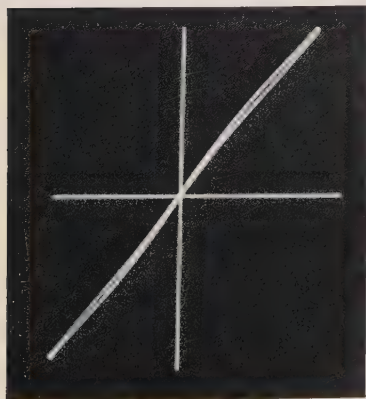


Bild 6 Doppelte Hystereseschleife des SIBATIT W bei 6 kV/cm (50 Hz)

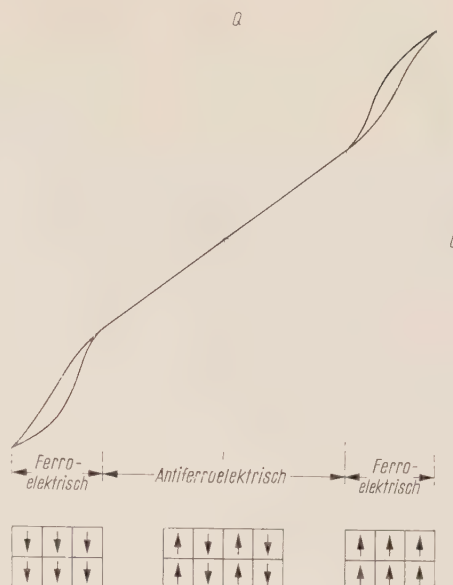


Bild 7 Hystereseverhalten bei Antiferroelekttrizität

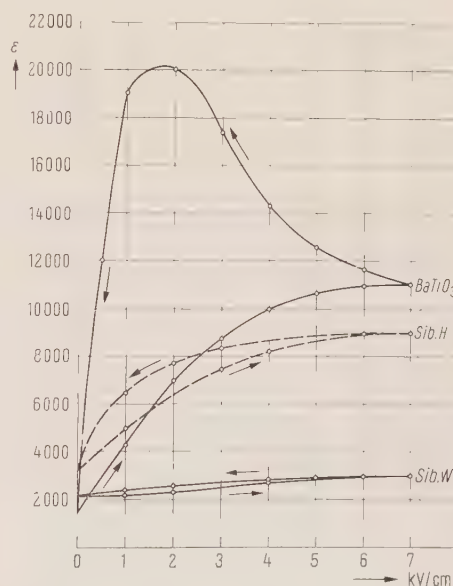


Bild 8 Wechselfeldabhängigkeit der DK

barter Gitterzellen aufheben, so daß praktisch keine elektrostriktive Formänderung der Keramik eintritt. Im Einklang mit diesen Überlegungen kann bei SIBATIT W keine Elektrostriktion nachgewiesen werden, solange die Hystereseschleife geschlossen ist.

Temperaturgang der effektiven DK bei hohen Feldstärken

Schon bei der Messung der Wechselfeldabhängigkeit hatten sich Anomalien gegenüber der Modellvorstellung einer reinen Antiferroelekttrizität gezeigt. Diese treten verstärkt in Erscheinung, wenn man Kondensatoren aus SIBATIT W gleichzeitig einer hohen Feld- und Tempera-

turbelastung aussetzt. Zerstört man den »antiferroelektrischen« Zustand durch Überschreiten der Curie-temperatur und kühlt die Probe unter hoher Feldbelastung wieder ab, so stellt er sich zunächst nicht wieder ein.

Dies zeigt sich beispielsweise, wenn man unter hoher Wechselfeldbelastung die Temperaturschleife der effektiven DK mißt. In Bild 9 ist dieser Effekt im Vergleich mit der analogen Erscheinung bei normalem BaTiO₃

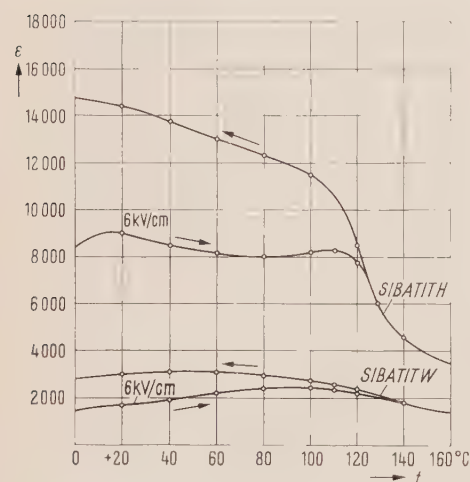


Bild 9 Temperaturgang der DK bei hoher Wechselfeldbelastung

dargestellt. Man erkennt auch bei SIBATIT W noch eine merkliche irreversible DK-Erhöhung nach der Temperaturschleife. Sie ist wesentlich geringer als bei BaTiO₃, sollte aber bei einem rein antiferroelektrischen Material überhaupt nicht auftreten. Noch deutlicher zeigt sich die Veränderung im elektrischen Verhalten bei Betrachtung der Hystereseschleife. Die ursprünglich geschlossene oder doppelte Hystereseschleife der Bilder 5c und 6 hat sich durch die beschriebene Belastung in eine normale Schleife umgewandelt. Von antiferroelektrischem Verhalten ist nichts zu bemerken. Es stellt sich erst nach Abschalten des Feldes wieder ein, dann allerdings in verhältnismäßig kurzer Zeit (einige Minuten)*. Dann ist es jedoch auch gegen hohe Felder wieder völlig stabil, solange die Temperatur nicht in den Bereich der Curie-temperatur kommt.

Einfluß der Kristallitgröße

Die hier beschriebenen Erscheinungen lassen sich verstehen, wenn man annimmt, daß sich die Masse SIBATIT W an der Grenze zwischen ferroelektrischem und antiferroelektrischem Zustand befindet. Es stellt sich ohne äußere

res Feld ein quasi-antiferroelektrischer Zustand ein, der wohl darin besteht, daß die Richtung der spontanen Polarisierung nicht von Gitterzelle zu Gitterzelle wechselt, sondern über mehrere Gitterkonstanten hinweg gleichgerichtet bleibt.

Bei dieser Sachlage ist es verständlich, daß ähnlich wie bei Bariumtitanat die Kristallitgröße der keramischen Masse auch bei SIBATIT W die elektrischen Eigenschaften stark beeinflusst. Wie bei SIBATIT H behindert die Feinkristallinität die Ausbildung der spontanen Polarisierung. Dies bewirkt in der bereits infolge ihres Nickelgehaltes zur Antiferroelektrizität neigenden Masse SIBATIT W eine weitere Begünstigung dieses Zustands, wie es auch das Experiment zeigt. Sintert man nämlich die Masse so, daß ein grobkristallines Gefüge entsteht, so zeigt sich zwar bei kleinen Feldern noch das gleiche Verhalten wie bei SIBATIT W, aber der Übergang zur Ferroelektrizität, der sich in der Öffnung der Hystereseschleife und in der Feldabhängigkeit der DK zeigt, tritt schon bei kleineren Feldstärken ein.

Verlustfaktor, Isolation, Durchschlagfestigkeit

Die Feinkristallinität von SIBATIT W bringt noch weitere Vorteile mit sich: Es läßt sich ein vollkommen dichtes, porenfreies Gefüge erzielen. Ferner zeigt der Verlustfaktor zwar grundsätzlich den gleichen Gang wie bei SIBATIT H, liegt aber wesentlich tiefer, so daß z. B. bis 1 MHz Werte unter $6 \cdot 10^{-3}$ erhalten werden, die mit zunehmender Temperatur überdies noch sinken (etwa $2 \cdot 10^{-3}$ bei der Curie-Temperatur). Der Isolationswiderstand liegt mit etwa 10^5 MΩ in der Größenordnung der besten keramischen Massen. Besonders günstig wirkt sich das dichte Gefüge auf die Durchschlagfestigkeit aus, bei der im Durchschnitt Werte von 120 kV/cm bei Gleichfeldbelastung und 80 kV/cm effektiv bei Wechselfeldbelastung erreicht werden.

Verwendungsbereich

In SIBATIT W liegt damit eine neuartige, hochdielektrische keramische Masse vor mit einer DK der Größenordnung 2000 in einem ausgedehnten Temperaturbereich. Sie ist durch eine weitgehende Unterdrückung der ferroelektrischen Effekte ausgezeichnet und eignet sich daher besonders für alle die Anwendungsfälle, bei denen auf weitgehende Temperatur- und Feldunabhängigkeit der DK Wert gelegt werden muß. Ein besonderes Verwendungsgebiet erschließt sich für Kondensatoren mit hoher Wechselspannungsbelastung; denn infolge der geringen Hystereseverluste und der kleinen, mit steigender Temperatur noch sinkenden dielektrischen Verluste sowie infolge der verschwindenden Elektrostriktion ist die Keramik thermisch und mechanisch weit weniger gefährdet als die üblichen ferroelektrischen Kondensatormassen.

* Vgl. hierzu die Einstellzeiten für eine etwaige Einschnürung bei normalem BaTiO₃, die z. T. in der Größenordnung von Tagen liegt.

Magnetischer Zielspeicher mit statischer Abfragung durch Hallgeneratoren zur kontaktlosen Steuerung des Fertigungsflusses

VON HARALD HÄUSLER

Eine wesentliche Aufgabe beim Rationalisieren der Fertigung besteht in der Automatisierung der Material- und Teileförderung. Hierzu müssen die einzelnen Bearbeitungs- und Behandlungsstationen durch geeignete Verkettungseinrichtungen miteinander verbunden werden. Um den Platz- und Kostenaufwand für diese nicht aktiven Anlagen möglichst kleinzuhalten, ist es erwünscht, eine größere Anzahl materialabgebender und -aufnehmender Stellen mit derselben Verkettungseinrichtung zu bedienen. Damit die erforderlichen Weichen richtig gesteuert werden können, muß für jedes an einer Weiche ankommende Teil eine Zielaussage gemacht werden. Das Fördergut kann den gewünschten Laufweg nur dann selbsttätig ansteuern, wenn er durch die Verschiedenartigkeit der Teile oder durch ein mitlaufendes Kennzeichen eindeutig und in einer Weise festgelegt ist, die sich zum Auswerten durch selbsttätig arbeitende Abfrageelemente eignet. In allen anderen Fällen muß das Zielkennzeichen jedes unterwegs befindlichen Teiles für die Dauer der Förderung in einer besonderen Zielspeichereinrichtung festgehalten werden. An den Aufbau und die Arbeitsweise einer solchen Einrichtung werden mannigfaltige Forderungen gestellt, die sich aus den jeweiligen Anwendungsbedingungen und Betriebseigenschaften ergeben.

Die Zielspeichereinrichtung soll vielseitig verwendbar und möglichst unabhängig von der Art der Verkettungsanlage sein. Außerdem soll sie sich für eine beliebige Anzahl von Aufgabe- und Abgabestellen im Zuge dieser Anlage eignen. Bei Umstellungen im Fertigungsfluß soll die Zielspeichereinrichtung an veränderte örtliche oder arbeitsmäßige Gegebenheiten ohne allzu großen Aufwand angepaßt werden können. Die Steuerung der Wegverzweigungen wird besonders einfach und betriebssicher, wenn die Zielaussagen von der Fördergeschwindigkeit unabhängig sind und sich die Länge dieser Kennzeichen wegababhängig vorgeben läßt. In den meisten Fällen ist es unbedingt erforderlich, daß die in der Einrichtung gespeicherten Ziele auch bei beliebig langen Spannungsabschaltungen erhalten bleiben. Schließlich wird man im Hinblick auf die Wartung und die geringere Störanfälligkeit einem kontakt- und berührungslosen System den Vorzug geben, wenn die Mehraufwendungen hierfür in einer vertretbaren Größenordnung liegen.

Die Arbeiten der Siemens-Schuckertwerke auf den Gebieten der Magnet- und Halbleitertechnik boten die Voraussetzungen für die Entwicklung eines neuen Zielspeichersystems, das erstmals allen aufgeführten Forderungen entspricht und das bezüglich der Betriebssicherheit, Anpaßbarkeit sowie Eindeutigkeit und Übersichtlichkeit der Signalgabe anderen Einrichtungen überlegen ist. Dieser magnetische Speicher mit statischer Abfragung durch Hallgeneratoren (Bild 1) wird nachfolgend näher beschrieben.

Informationsträger für die Zielkennzeichen

Als Informationsträger werden magnetisierbare Folien verwendet, die auf einem synchron mit der Verkettungs-

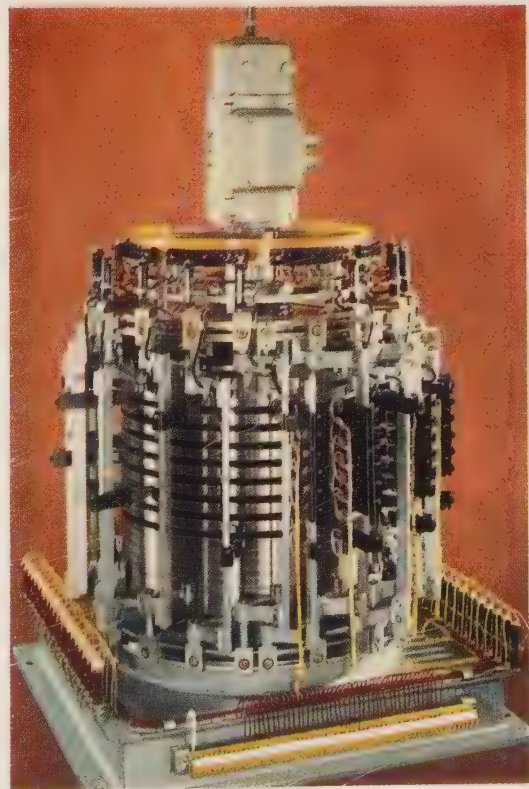


Bild 1 Magnetischer Zielspeicher
mit statischer Abfragung durch Hallgeneratoren

anlage umlaufenden Radkörper aufgebracht sind. An der Anlage sind daher, abgesehen von den Übertragungselementen für den Gleichlaufantrieb des Zielspeichers, keinerlei elektrische oder mechanische Einrichtungen erforderlich, so daß die Zielspeichereinrichtung unabhängig von der Art der Förderanlage verwendet werden kann. Da der Informationsträger an jeder beliebigen Stelle Kennzeichen aufnehmen kann, ist dieses System besonders auch für Verkettungsanlagen ohne festgelegte Förderplätze (d. h. ohne Mitnehmer, Gehänge o. ä.) geeignet.

Nach umfangreichen Untersuchungen im Laboratorium wurde für den magnetischen Zielspeicher ein neuartiges Magnetisierungsverfahren eingeführt, das bezüglich Eindeutigkeit und Güte der Zielsignale eine Reihe bedeutender Vorteile bringt. Über die Bauelemente und die Signaleigenschaften dieses neuen Systems wird in einem späteren Beitrag noch ausführlich zu berichten sein. Bild 2 zeigt den grundsätzlichen Aufbau der magnetischen Kreise im Zusammenwirken der Beschriftungs- und Abfrageköpfe mit dem Informationsträger.

Das statische Abfragen des Informationsträgers ermöglicht einen sehr einfachen und unempfindlichen Aufbau der Signalauswert- und Verstärkereinrichtung an den Abfragestellen. Um diesen Vorzug voll ausnutzen zu können, werden für die Zielangaben nur zwei magnetische Zustände der Informationsträger ausgewertet: plus-magnetisiert und minus-magnetisiert. Bei dem neu eingeführten Magnetisierungsverfahren steht das Zielsignal an der Abfragestelle unverändert in der vollen Länge an, in der es bei der Aufgabe des Teiles in den Informationsträger eingegeben wurde. Dieses Dauersignal ist für die Funktionssicherheit der Anlage beim Anfahren – besonders nach Spannungsabschaltungen – außerordentlich wertvoll und ermöglicht erhebliche Vereinfachungen in der Schaltung für die zu steuernden Antriebselemente.

Weiterhin wird durch diese Art der Magnetisierung ein sehr scharfer Signalübergang von plus nach minus und umgekehrt bewirkt, so daß die Schaltgenauigkeit der Zielaussagen in der Größenordnung des Luftspaltes unter den Beschriftungs- und Abfrageköpfen (0,05 bis 0,10 mm) liegt. Damit kann trotz berührungsfreier Abfragung ein sehr hoher Verkleinerungsmaßstab zwischen dem mechanischen Teil der Anlage und dessen Abbildung für die Zielspeicherung angewendet werden.

Da an jeder Folie nur zwei magnetische Zustände als Ja bzw. Nein-Aussage ausgewertet werden, hängt die Anzahl der Folien auf dem umlaufenden Rad von der Anzahl der Wegverzweigungen in der Verkettungsanlage ab. Sind viele Abgabestellen vorhanden, so wird mit Rücksicht auf die Radbreite eine Zielverschlüsselung vorgenommen; dabei ist es im Hinblick auf die Gesamtkosten zweckmäßig, die Anzahl der Abfrageelemente möglichst kleinzuhalten. So wird man jede Abgabestelle durch Signal auf zwei Spuren ansprechen, wenn die Anzahl der benötigten Zielkennzeichen etwa zwischen 10 und 60 liegt; hierzu werden dann 5 bis 12 Spuren benötigt. Sind weniger oder wesentlich mehr Abgabestellen vorhanden, so muß die günstigste Art der Informations-eingabe für den Einzelfall festgelegt werden.

Aufsprechen der Zielkennzeichen

Am Umfang des Zielspeicherrades werden für die Informationseingabe und -abfrage Aufsprech- und Abfrageköpfe (Bild 3) so angeordnet, daß ihre Positionen den Aufgabe- und Abgabestellen an der Verkettungsanlage unter Berücksichtigung der maßstäblichen Verkleinerung zum Zielspeicher entsprechen. Der Belegungsplan für die Anordnung der Köpfe ergibt sich dabei aus den geforderten Verkettungswegen und der gewählten Zielverschlüsselung.

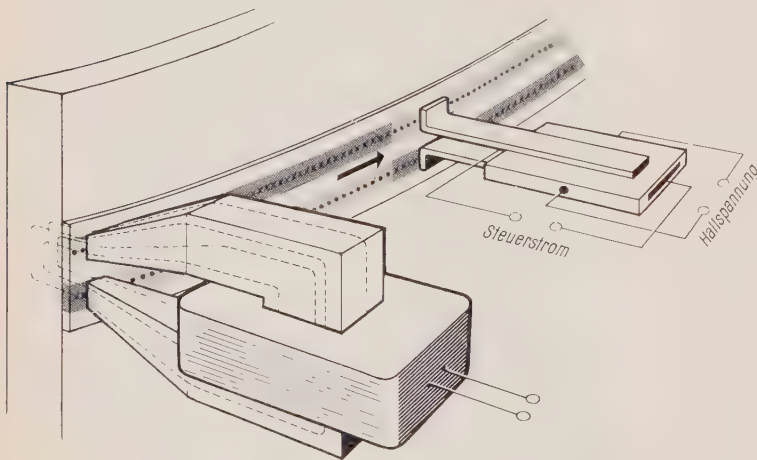


Bild 2 Grundsätzliche Darstellung des Informationsträgers mit Beschriftungs- und Abfragekopf

Bild 4 zeigt das elektromagnetische System zum Aufsprechen (Plus-Magnetisieren) und Löschen (Minus-Magnetisieren). Durch Umpolen der Spulenerregung kann der gleiche Kopf zum Aufsprechen und Löschen verwendet werden. Der Schaltaufwand wird jedoch geringer, wenn am Ende der Zielspeicherung – also hinter der letzten Abfragestelle – eine besondere Gruppe dauernd erregter Löschköpfe angeordnet wird. Dies gilt besonders dann, wenn die Köpfe kontaktlos geschaltet werden; denn mit den normalen Bauelementen des kontaktlosen Steuerungssystems SIMATIC* ist zwar ein Ein- und Aus-

* Eingetragenes Warenzeichen

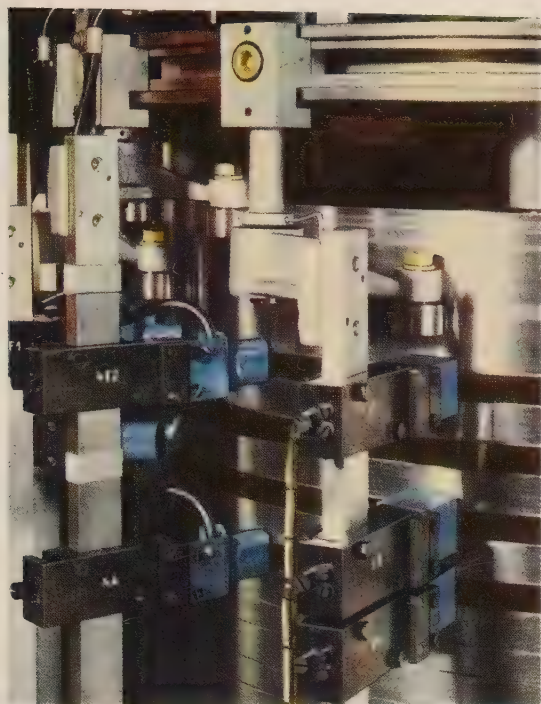


Bild 3 Anordnung der Justierschlitten mit den Beschriftungs- und Abfrageköpfen am Umfang der Speichertrommel

schalten möglich, dagegen aber nicht ohne weiteres ein Umpolen der Spule.

Abfragen und Auswerten der Zielsignale

Die Funktionssicherheit des neuen Zielspeichers wird wesentlich durch die Eigenschaften der für die Zielinformation gewählten Abfrageelemente bestimmt: Das Abfragen geschieht statisch über Hallgeneratoren (Bild 4) mit konstantem Steuerstrom [1]. Seit der Entwicklung geeigneter Halbleiterverbindungen wird der Halleffekt von den Siemens-Schuckertwerken schon einige Jahre lang in Geräten für den industriellen Einsatz mit bestem Erfolg ausgenutzt [2, 3]. Die bei konstantem Steuerstrom allein vom Magnetfeld – im vorliegenden Fall also nur von der Polung des Informationsträgers – abhängige Hallspannung ist ein Signal, dessen Größe von der Bewegungsgeschwindigkeit des Speichers und damit des Förderers völlig unabhängig ist und das auch im Stillstand unverändert zur Verfügung steht. Es kann also von der nachgeschalteten Steuerung der Antriebselemente als Dauersignal verarbeitet werden, wodurch ohne jeden zusätzlichen Aufwand größtmögliche Funktionssicherheit in allen Betriebsfällen erreicht wird.

Das für die Informationsträger gewählte Folienmaterial liefert an den Hallgeneratoren so kräftige Signale, daß das Aufsprechen und Abfragen mit einem Luftspalt zwischen den Folien und den Köpfen bis etwa 0,1 mm möglich ist. Dieser Abstand läßt sich ohne übermäßigen mechanischen

Aufwand einhalten. Das Leistungsniveau der Zielsignale ist dabei noch so hoch, daß für die Verarbeitung (zu einem für das zu steuernde Starkstromschaltgerät geeigneten Befehl) die normalen vergossenen SIMATIC-Verstärkerbausteine verwendet werden können (Bild 5).

Mechanischer Aufbau

Durch die Anordnung der Informationsträger auf einem Radkörper wird ohne zusätzlichen Aufwand Schlupfreiheit des Antriebs erreicht. Beim Direktantrieb der

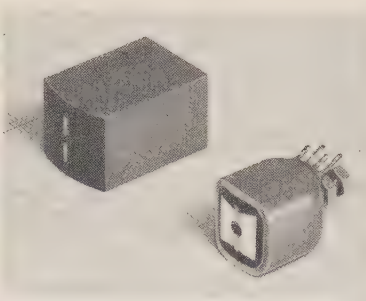


Bild 4
Links: Beschriftungskopf zum Aufsprechen und Löschen der Zielsignale
Rechts: Abfragekopf mit eingebautem Hallgenerator

Folien wäre dies nur mit Hilfe einer Perforation möglich, deren Lebensdauer jedoch begrenzt ist. Das Speicherad mit senkrecht stehender Achse ist am ganzen Umfang gleich gut zugänglich, was sich besonders bei einer späteren Anpassung an bauliche Veränderungen der Anlage (z. B. beim Versetzen einer Abgabestelle) günstig auswirkt. Der feste Radkörper ermöglicht es auch, die Luftspalttoleranz mit geringem Aufwand und ohne gleitende Teile einzuhalten.

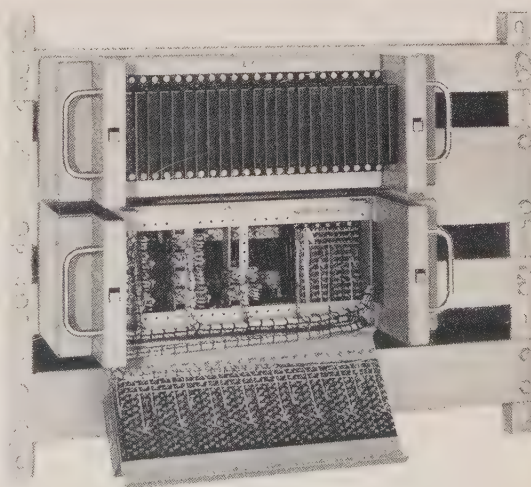


Bild 5 Flacheinschübe mit SIMATIC-Steuerung zum Auswerten der Signale des magnetischen Zielspeichers

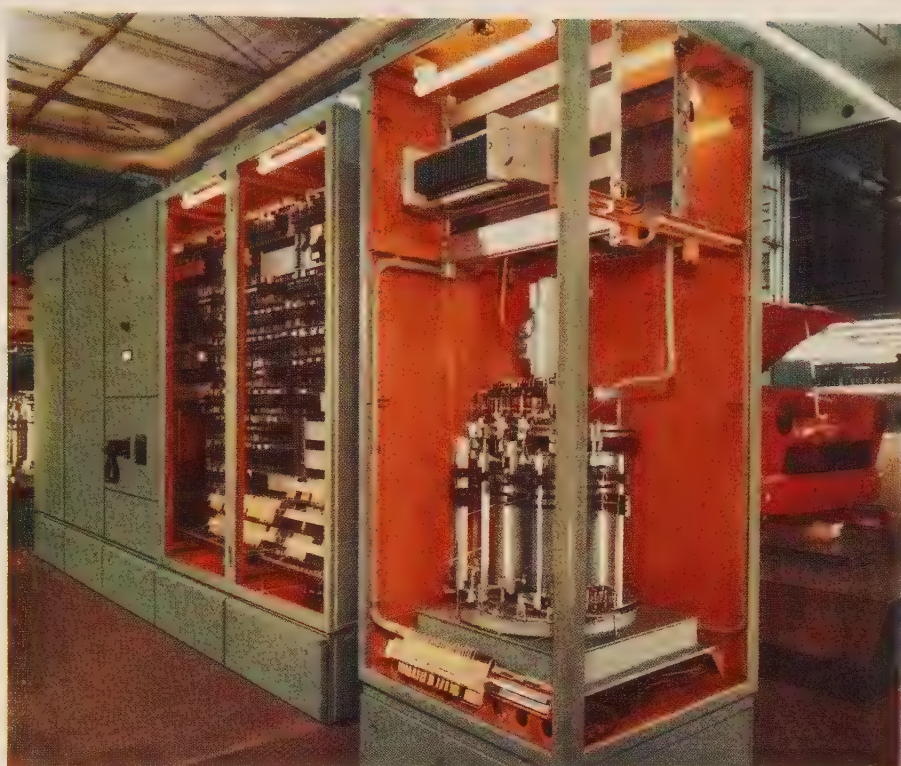


Bild 7 Gesamtansicht der Steuerung einer Karosserie-Umsetzanlage. Die beiden magnetischen Zielspeicher befinden sich in zwei besonderen Schränken (im Bild vorn und ganz links). Dazwischen steht der Schaltschrank mit den Geräten für die Starkstrom-Steuerung

weilige Belegung der Umsetzketten, da die Sperrsignale auf dem Speicher synchron mit den Karosserien auf den Ketten weiterwandern. Diese Signale können sämtliche bei den Umsetzvorgängen zu erfüllenden Abhängigkeiten und Verriegelungen steuern, so daß die sonst an solchen Anlagen hierfür notwendigen Endtaster, Lichtschranken und sonstigen Befehlsgeber entfallen. Die Betriebssicherheit der Gesamtanordnung wird dadurch außerordentlich erhöht.

Die Sperrsignale steuern das Aufgeben der Karosserien im Sinne einer maximalen Ausnutzung der Umsetzkapazität der Ketten. Ist ein Umsetzvorgang durch Anwahl der Empfangsstation eingeleitet, so wird zunächst durch Abfragen der Sperrsignale festgestellt, ob bzw. wann auf der Kette eine genügend breite Lücke zum Einschieben der neuen Karosserie frei ist. Erst dann beginnt der Ablauf der Bühnensteuerung, und die Karosserie wird auf die Kette übergeschoben. Erreicht inzwischen eine auf der Kette nachfolgende Karosserie den Bereich der nun hochstehenden Bühne, so muß die Kette bis zur Beendigung des bereits freigegebenen Aufgabevorgangs stillgesetzt werden. Diese Verriegelung, die in gleicher Weise für jede zu- und abfördernde Bühne vorhanden ist, wird wiederum ohne Befehlsgeber an den Ketten über die Sperrsignale der Spuren AX und BX gesteuert. Besonders deutlich wird der Vorteil dieser Steuerungsweise, wenn man die Verriegelungsbedingungen im Bereich der Bänder IV bis VIII betrachtet. Beim Aufgeben einer Karosserie von den Bändern VI bis

VIII auf die Kette B muß auf der Kette A eine Lücke zum Durchfahren der neu aufzugebenden Karosserie und auf der Kette B eine Lücke zum Ablegen sein. Ebenso muß zum Abgeben einer Karosserie von der Kette B auf die Bänder IV, V oder VII zuerst eine Lücke zum Überqueren der Kette A abgefragt werden. Das Sperrsignal auf der Belegungsspur wird durch einen besonderen Löschkopf unmittelbar an der Abgabestelle aufgehoben, wenn der auf der Kette frei werdende Platz durch nachfolgende Aufgabebänder nochmals ausgenutzt werden könnte; andernfalls werden die Sperrsignale – wie auch alle Zielsignale – durch gemeinsame Löschköpfe hinter der letzten Abfragestelle gelöscht.

Es bringt offensichtlich große betriebliche Vorteile, diese Abhängigkeiten und Verriegelungen ohne Befehlsgeber an der Anlage selbst zu steuern. Zur Erfüllung aller Verriegelungsbedingungen beim Umsetzen ist bei optimaler Ausnutzung der Umsetzkapazität häufig ein kurzzeitiges Anhalten der Ketten erforderlich; hierbei leistet ein geschwindigkeitsunabhängiges Steuerungssystem mit wegabhängigen Dauersignalen hervorragende Dienste.

Schrifttum

- [1] Kuhr, F., Stark, G. und Wolf, F.: Wiedergabe von Magnettonaufzeichnungen mit Hilfe des Halleffektes. *Elektronische Rundschau* **13** (1959) 407 und 408
- [2] Kuhr, F.: Eigenschaften der Hallgeneratoren. *Siemens-Zeitschrift* **28** (1954) 370 bis 376
- [3] Hartel, W.: Anwendung der Hallgeneratoren. *Siemens-Zeitschrift* **28** (1954) 376 bis 384

Untersuchung der Spannungskurvenform von Prüftransformatoren an einem Modell

VON WALTER MÜLLER

Für den Bau und Betrieb von Prüftransformatoren sind gegenüber den für Leistungstransformatoren geltenden Grundsätzen einige zusätzliche Gesichtspunkte zu berücksichtigen. Maßgebend hierfür sind einerseits die sehr hohe Sekundärspannung, andererseits die ausschließlich kapazitive Belastung. Aus betrieblichen, wirtschaftlichen und hochspannungstechnischen Gründen wird man in vielen Fällen bestrebt sein, die Sekundärspannung auf mehrere in Kaskade geschaltete Transformatoren aufzuteilen. Von den bei Prüftransformatoren (besonders in Kaskadenschaltung) auftretenden Problemen – z. B. Isolation, Erwärmung im Aussetzbetrieb, Kompensation des kapazitiven Blindstromes, Streufeld – sind viele praktisch gelöst; zum Lösen anderer Probleme, wie z. B. der Aufgabe, eine möglichst sinusförmige Spannungskurve zu erreichen, fehlten bisher die experimentellen Grundlagen.

Ziel der nachstehend beschriebenen Modellmessungen war es deshalb, die für die Kurvenform maßgebenden Einflußgrößen zu untersuchen. Ferner wurden am Modell Berechnungsmethoden und schaltungstechnische Maßnahmen erprobt, die es ermöglichen, Prüftransformatoren und Prüfkaskaden so zu projektieren, daß sie bestimmten Bedingungen hinsichtlich der Kurvenform der Sekundärspannung genügen.

Prüftransformatoren als Spannungsquellen für die Wechselspannungsprüfung von Hochspannungsgeräten sollen möglichst eine rein sinusförmige Prüfspannung liefern. Die einschlägigen VDE-Regeln* lassen einen maximalen Oberwellengehalt der Sekundärspannung von 5% zu.

Der Ursprung der Oberwellen ist – wenn man von den im Generator erzeugten oder im Netz vagabundierenden Oberwellen absieht – in den Eisenkernen der Transformatoren zu suchen. Wie Betriebserfahrungen mit Prüftransformatoren und theoretische Überlegungen ergaben, sind folgende Einflußgrößen zu berücksichtigen:

1. Magnetisierungskennlinie,
2. Streuinduktivitäten des Transformators,
3. vorgeschaltete Impedanzen von Generator oder Netz,
4. an den Transformator angeschlossene Kompensationsmittel,
5. Eigen- und Belastungskapazitäten des Transformators.

Durch das Zusammenwirken der erwähnten Streuinduktivitäten und Kapazitäten treten u. U. im Lastbereich ausgeprägte Resonanzen einzelner Oberschwingungen auf. Solche Resonanzlagen lassen sich, wie noch gezeigt wird, mit genügender Genauigkeit vorausberechnen.

Am Modell einer Dreifach-Prüfkaskade wurde der Einfluß der genannten Faktoren auf den Oberwellengehalt im gesamten Lastbereich untersucht. Gleichzeitig wurden an diesem Modell Kompensationsschaltungen erprobt, die den Oberwellengehalt der Sekundärspannung erheblich herabzusetzen vermögen.

Die im Modell nachgebildete Dreifach-Prüfkaskade besteht aus Prüftransformatoren mit zwei bewickelten Schenkeln (Bild 1). Der Kern und der Kessel des Transformators befinden sich auf Mittelpotential. Die Sekundärspannung eines Transformators kann auf diese Weise mit einem Mindestaufwand an Isolation auf zwei in Serie geschaltete Wicklungen aufgeteilt werden (Wicklungen 2 in Bild 1). Der Energieübertragung zwischen den beiden Schenkeln dienen die Schubwicklungen 1. Die Erregung der Kaskade und die Energieübertragung zwischen den Transformatoren geschieht über die Wicklungen 3. Parallel zu den Schubwicklungen können Kompensationsmittel angeschlossen werden. Die drei Originaltransformatoren werden wahlweise als Einzeltrans-

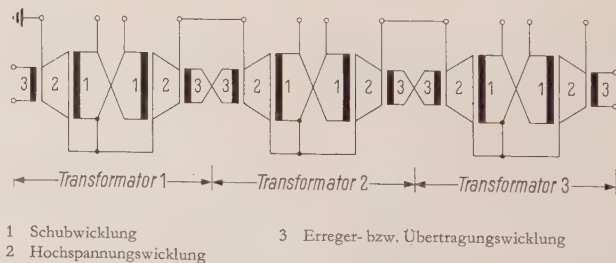


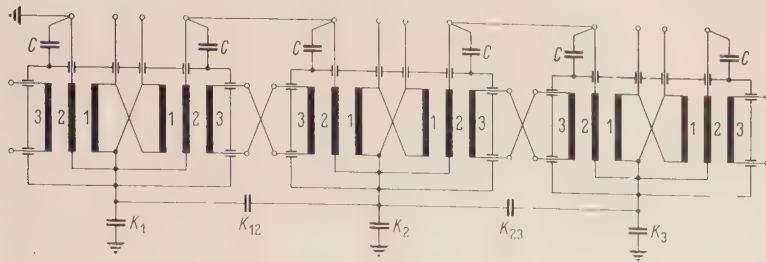
Bild 1 Grundsaltung der Dreifach-Prüfkaskade

formator für 400 kV, Zweifach-Kaskade für 800 kV oder Dreifach-Kaskade für 1200 kV betrieben. Parallelschaltung und Drehstromschaltung der Transformatoren sind ebenfalls vorgesehen.

Modell

Das Modell besteht ebenfalls aus drei Transformatoren für verhältnismäßig kleine Spannung und kleine

* VDE 0532 § 42 und VDE 0442 § 9 und § 10



- 1 Schubwicklung
- 2 Hochspannungswicklung
- 3 Erreger- bzw. Übertragungswicklung
- C Nachbildung der Eigenkapazität einer Hochspannungswicklung
- K_{j1}, K_{21}, K_{31} Nachbildung der Kessel-Erdkapazitäten
- K_{12} Nachbildung der gegenseitigen Kapazität zwischen Kessel 1 und Kessel 2
- K_{23} Nachbildung der gegenseitigen Kapazität zwischen Kessel 2 und Kessel 3

Bild 2 Grundsaltung des Modells

Leistung, deren Wicklungen dieselbe Schaltung wie die Originalkaskade aufweisen. Mit diesen Modelltransformatoren wurden die im vorhergegangenen Abschnitt erwähnten Schaltungen aufgebaut und durchgemessen. Da eine geometrisch ähnliche Verkleinerung der Prüftransformatoren nicht durchgeführt werden konnte (die Drahtdurchmesser und Papierdicken der Hochspannungs-Lagenwicklung können nicht im selben Maßstab verkleinert werden wie die übrigen Teile), wurden die Modelltransformatoren nach den Modellgesetzen für elektromagnetische Modelle [1] ausgelegt. Bei dem Entwurf eines elektromagnetischen Transformatormodells sind drei Maßstäbe frei wählbar, z. B. Länge, Zeit und Spannung. Die übrigen Maßstäbe ergeben sich dann zwangsläufig aus den in [1] abgeleiteten Modellgesetzen. Die ausschlaggebenden Vorzüge des elektromagnetischen Modells sind:

1. ein unabhängig vom Längenmaßstab frei wählbarer Zeitmaßstab, d. h., das Modell kann bei einem Zeitmaßstab 1 : 1 mit der gleichen Frequenz betrieben werden wie das Original, wogegen bei einem geometrisch ähnlichen Modell der Zeitmaßstab gleich dem Längenmaßstab sein muß;
2. der gegenüber dem Original wesentlich vereinfachte Wicklungsaufbau des Modells, wobei nur die Win-

dungszahlen der einzelnen Wicklungen entsprechend dem Windungszahlmaßstab und die gegenseitigen Streuinduktivitäten entsprechend dem Induktivitätsmaßstab einzuhalten sind.

Das elektromagnetische Modell ist nicht nur einfacher herzustellen, sondern auch hinsichtlich Spannung und Frequenz an die im Prüffeld gegebenen Möglichkeiten besser anpaßbar als das geometrisch ähnliche Modell.

In Tafel 1 sind die verwendeten Maßstäbe zusammengestellt. Dabei ist bemerkenswert, daß der Kapazitätsmaßstab größer als 1 ist. Die Eigenkapazitäten der Modellspulen reichen nicht aus, um die Eigenkapazitäten der Originalspulen nachzubilden. Man muß also die Kapazitäten des Originaltransformators berechnen, maßstabgerecht vergrößern und durch konzentrierte Kapazitäten nachbilden. Im vorliegenden Fall genügte es, die Eigenkapazität einer Hochspannungswicklung sowie die Kapazität der Hochspannungswicklung und der zugehörigen Durchführung gegen Kessel durch einen zwischen Klemme und Kessel des Modelltransformators geschalteten Kondensator nachzubilden (Bilder 2 und 3). Ebenso wurden die gegenseitigen Kapazitäten zwischen den Transformatorkesseln und deren Erdkapazitäten durch Kondensatoren nachgebildet.

Größe	Maßstab	
	Modell	Original
Länge	1	3,93
Zeit	1	1
Windungszahl	1	1,297
Spannung	1	20
Strom	1	3,04
Leistung	1	60,8
Induktivität	1	6,6
Kapazität	6,6	1
Dämpfung	15,4	1

Tafel 1 Zusammenstellung der Maßstäbe, die bei der Modelluntersuchung der Spannungskurven von Prüftransformatoren verwendet wurden

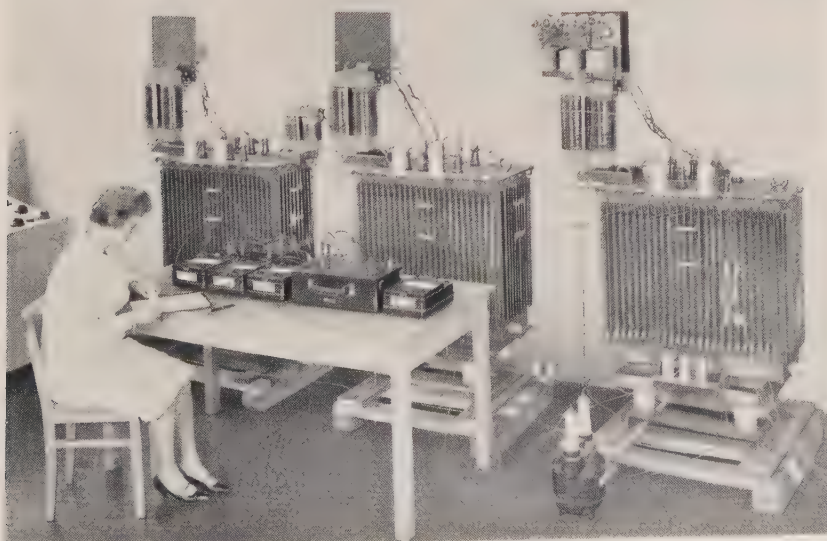


Bild 3 Modellkaskade. Auf den Deckeln der Kessel sind die Kompensationsdrosseln, Eigen- und Belastungskapazitäten aufgebaut

Der Dämpfungsmaßstab (R/X) Modell : (R/X) Original ist theoretisch 15,4 : 1. Dabei ist in diesem Fall für R der Gleichstromwiderstand der Modell- bzw. Originalwicklungen einzusetzen, weil die Stromverdrängung bei den gegebenen Leiterabmessungen vernachlässigbar bleibt. X ist die Streureaktanz.

Der Dämpfungsmaßstab ist $d = \frac{t}{j^2}$.

t Zeitmaßstab

l Längenmaßstab

Praktisch wurde durch einen vereinfachten Wicklungsaufbau und den damit verbundenen höheren Füllfaktor ein Dämpfungsmaßstab von 7 : 1 erreicht.

Eine für die Untersuchung der Kurvenform mit Hilfe eines Modells wesentliche Voraussetzung, nämlich gleiche Charakteristik des magnetischen Kreises von Original und Modell, ist beim elektromagnetischen Modell angenähert erfüllt, wenn für den Eisenkern des Modells die gleiche Blechsorte verwendet wird. Lediglich der durch die Schachtelung bedingte, annähernd konstante Luftspalt im magnetischen Kreis fällt bei dem kleinen Modellkern stärker ins Gewicht. Die Belastung der Prüfkaskade wurde durch eine in zehn Stufen umschaltbare Kondensatorbatterie nachgebildet.

Die Meßaufgabe bestand darin, den Oberwellengehalt der Sekundärspannung und des Primärstromes der Modellkaskade abhängig von der Spannung und der Belastung sowie abhängig von den an die Schubwicklung angeschlossenen Schaltelementen (Drosseln, Kondensatoren oder Siebschaltungen) zu ermitteln. In Bild 4 sind der Übersichtlichkeit halber die Meßgeräte für Ströme und Spannungen, Frequenz und Leistung weggelassen. Die Transformatoren sind nur durch ihre vier Klemmenpaare, nämlich die Klemmen der Hochspannungswicklung sowie der Erreger-, Schub- und Übertragungswicklungen dargestellt. Die Transformatoren selbst sind in Dreifach-Kaskade geschaltet; an die Schubwicklungen sind Drosseln zur Kompensation der kapazitiven Blindlast angeschlossen.

Der Oberwellengehalt wurde mit einem Oberwellenmeßgerät von Siemens & Halske gemessen. Die maximale

Meßspannung dieses Gerätes ist 100 V, der maximale Meßstrom 5 A. Der Primärstrom wurde dem Oberwellenmeßgerät über einen Stromwandler, die Sekundärspannung über einen Spannungswandler zugeführt. Der Einfluß der Streuspannung des Stromwandlers auf das Meßergebnis konnte vernachlässigt werden. Durch Vergleichsoszillogramme der Sekundärspannung mit und ohne angeschlossenen Spannungswandler wurde nachgewiesen, daß der Spannungswandler keine Oberwellen erzeugt. Die harmonische Analyse dieser Oszillogramme ergab ferner eine gute Übereinstimmung mit der Anzeige des Oberwellenmeßgerätes. In diesem Zusammenhang ist noch darauf hinzuweisen, daß das Oberwellenmeßgerät den Effektivwert der 3., 5., 7. und 9. Oberwelle in Volt anzeigt ohne Rücksicht auf die Phasenlage der Oberwelle gegenüber der Grundwelle. Nach VDE 0532 ist jedoch als Oberwellengehalt die maximale Abweichung des Augenblickswerts der Spannungscurve vom Augenblickswert der Grundwelle, bezogen auf den Scheitelwert der Grundwelle, definiert. Weil das angewandte Meßverfahren keinen Aufschluß über die Phasenlagen der Oberwellen gibt, werden die Effektivwerte aller Oberwellen addiert und auf den Effektivwert der Grundwelle bezogen:

$$u = \frac{\sum U_n}{U_1}$$

Diese als Oberwellengehalt bezeichnete Verhältniszahl u ist größer oder gleich dem Oberwellengehalt nach der Definition in VDE 0532. Die durchgeführten Meßreihen lassen sich systematisch nach der Schaltung der Transformatoren und nach den an die Schubwicklungen angeschlossenen Schaltelementen ordnen. Innerhalb einer Meßreihe wurde die Belastungskapazität in zehn Stufen von Leerlauf bis Vollast verändert. Die Meßergebnisse zeigten, daß bei der verwendeten Blechsorte die 3. Oberwelle in der Sekundärspannung den größten Beitrag zum Oberwellengehalt liefert. Der Anteil der 5. und höheren Oberwellen zusammen lag bei Nenninduktion (12 kG) in jedem Fall unter 1% der Grundwellenspannung. In den Bildern 5 bis 8 ist daher nur der Anteil der 3. Ober-

welle $u_3 = \frac{U_3}{U_1} 100$ in % abhängig von der

auf die Nennlast bezogenen Teillast $\frac{N}{N_N} 100$

in % aufgetragen. Die Meßpunkte sind bei Nennspannung aufgenommen.

Bild 5 enthält die Meßwerte für den Einzeltransformator, Bild 6 die Meßwerte für die Zweifach-Kaskade. Die Zweifach-Kaskade zeigt eine deutliche Oberwellenresonanz im Lastbereich, und zwar die unkomensierte Kaskade bei 50% der Nennlast und die komensierte Kaskade bei 60% der Nennlast. Die Resonanzlage

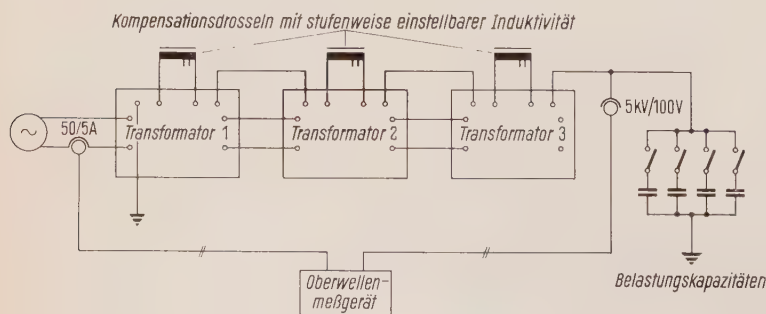
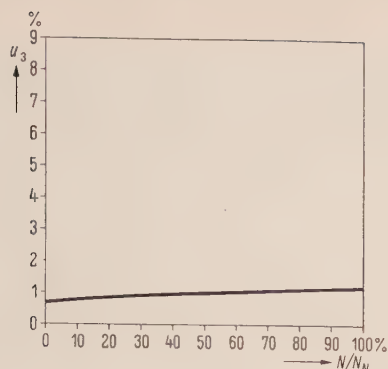
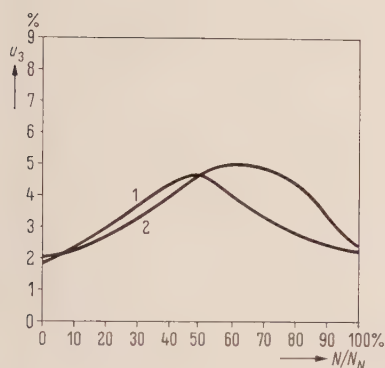


Bild 4 Vereinfachte Meßschaltung



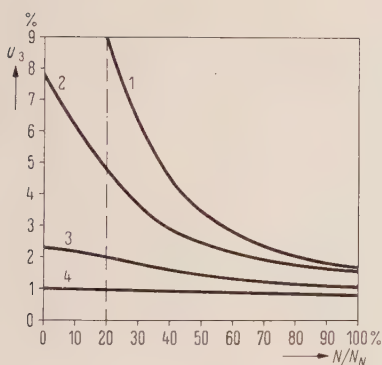
N Last N_N Nennlast

Bild 5
Kennlinie des Einzeltransformators mit Kompensationsdrossel. Anteil der 3. Oberwelle, abhängig von der Belastung bei Nennspannung



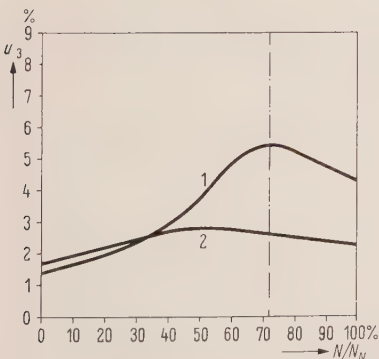
N Last N_N Nennlast
1 Kaskade mit zwei Kompensationsdrosseln
2 Kaskade ohne Kompensation

Bild 6
Kennlinie der Zweifach-Kaskade. Anteil der 3. Oberwelle, abhängig von der Belastung bei Nennspannung



N Last N_N Nennlast
1 Kaskade mit drei Kompensationsdrosseln
2 Kaskade ohne Kompensation
3 Kaskade mit Oberwellensiebkreis in einer Stufe
4 Kaskade mit Oberwellensiebkreisen in allen Stufen

Bild 7
Kennlinie der Dreifach-Kaskade. Anteil der 3. Oberwelle, abhängig von der Belastung bei Nennspannung (gerechnete Resonanzlage bei 20% der Nennlast mit drei Kompensationsdrosseln)



N Last N_N Nennlast
1 Parallelschaltung ohne Kompensation
2 Oberwellensiebkreis an einem Transformator

Bild 8
Kennlinien der Dreifach-Parallelschaltung. Anteil der 3. Oberwelle, abhängig von der Belastung bei Nennspannung (gerechnete Resonanzlage bei 72% der Nennlast ohne Kompensation)

muß sich mit wachsender Leistung der Kompensationsdrossel in Richtung auf höhere Belastungskapazitäten verschieben, weil die Kompensationsdrosseln so wirken, als ob sie der Belastungskapazität unmittelbar parallelgeschaltet wären. Umgekehrt verschieben an die Schubwicklung angeschlossene Kondensatoren die Resonanzlage in Richtung kleinerer Belastungskapazitäten (s. Bild 6). Wenn man die Resonanzlage und die angeschlossene Belastung kennt, läßt sich der beschriebene Effekt dazu benutzen, um durch Umschalten der an die Schubwicklungen angeschlossenen Kompensationsmittel die Resonanzlage so zu verschieben, daß der Oberwellengehalt der Sekundärspannung bei der betrachteten Prüflast auf einen bestimmten Wert – z. B. 5% – begrenzt wird.

Die Begrenzung des Oberwellengehalts durch Verschieben der Resonanzlage bringt jedoch schwerwiegende technische Nachteile. Eine Verschiebung des Maximums der Resonanzkurve nach links (s. Bild 6) bedeutet den Anschluß von Kondensatoren anstelle der üblichen Kompensationsdrosseln. Die für die Auslegung des Generators sowie der Erreger-, Schub- und Übertragungswicklungen maßgebende Blindstromkompensation geht verloren; außerdem werden diese Wicklungen gegebenenfalls mit zusätzlichem kapazitiven Strom belastet. Eine Verschiebung der Resonanzlage nach rechts (s. Bild 6) ist nur durch Installation großer Drosselleistungen möglich. Will man z. B. die Resonanzlage der 3. Oberwelle um 20% der Nennlast nach rechts verschieben, dann muß etwa das Neunfache dieses Betrages, d. h. die 1,8fache Nennleistung, an zusätzlicher Drosselleistung eingeschaltet werden. Für die Grundwelle bedeutet dies u. U. induktive Überlastung des Generators.

Diese Zusammenhänge lassen sich durch Gleichungen darstellen, und zwar für die Nennleistung der Kaskade:

$$N_N = \omega_1 C_N U_N^2 \quad \text{mit } C_N \text{ Nennkapazität} \\ U_N \text{ Nennspannung}$$

$$\text{Kompensationsleistung: } N_L = \frac{U_N^2}{\omega_1 L}$$

Damit wird das Leistungsverhältnis für die Grundwelle:

$$\left(\frac{N_L}{N_{N/1}} \right) = \frac{1}{\omega_1^2 L C_N}$$

und entsprechend für die 3. Oberwelle:

$$\left(\frac{N_L}{N_{N/3}} \right) = \frac{1}{\omega_3^2 L C_N}$$

Das Leistungsverhältnis für die Grundwelle, bezogen auf das Leistungsverhältnis für die 3. Oberwelle, ist:

$$\left(\frac{N_L}{N_{N/1}}\right) : \left(\frac{N_L}{N_{N/3}}\right) = \left(\frac{\omega_3}{\omega_1}\right)^2 = 9$$

Siebschaltung zur kombinierten Grund- und Oberwellenkompensation

Die Überlegungen zeigen, daß es in den meisten Fällen unwirtschaftlich ist, eine störende Resonanzlage so zu verschieben, daß der Oberwellengehalt auf einen bestimmten Wert begrenzt wird. Es entsteht daher die Aufgabe, eine Begrenzung des Oberwellengehalts auf andere Weise zu erreichen.

In [2] wurden schon früher Parallel- und Reihenresonanzkreise vorgeschlagen. Die im Rahmen der vorliegenden Meßreihen untersuchte Siebschaltung ist in Bild 10 dargestellt. Der vorhandenen Kompensationsdrossel L_K wird ein Reihenresonanzkreis parallelgeschaltet. Das Frequenzverhalten dieser Schaltung ist anhand der Funktion $Y(f)$ ebenfalls aus Bild 10 zu ersehen. Die Reihenresonanzfrequenz der Schaltung ist 150 Hz, die Parallelresonanzfrequenz liegt im Bereich zwischen 50 und 150 Hz (in Bild 10 bei etwa 125 Hz). Für die Grundwelle wirkt die beschriebene Siebschaltung als induktiver Blindleitwert (Blindstromkompensation!), für die 3. Oberwelle als Kurzschluß und für Oberwellen höherer Ordnungszahl wieder als induktiver Blindleitwert.

Die Bilder 7 bis 9 zeigen die Wirkung der Siebschaltung entsprechend Bild 10 auf den Oberwellengehalt der Sekundärspannung des Modells in Dreifach-Kaskaden- und in Dreifach-Parallelschaltung. Die Diagramme der Bilder 7 und 8 beweisen, daß die Siebschaltung nach Bild 10 ihre primäre Aufgabe, den Oberwellengehalt der Sekundärspannung zu begrenzen, erfüllt. Der Anteil der 3. Oberwelle wird bei der Dreifach-Kaskade bei Verwendung eines Siebkreises auf Werte unter 3 % und bei dem Einsatz von drei Siebkreisen – d. h. eines Siebkreises

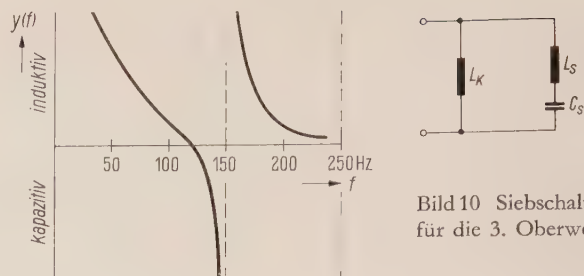


Bild 10 Siebschaltung für die 3. Oberwelle

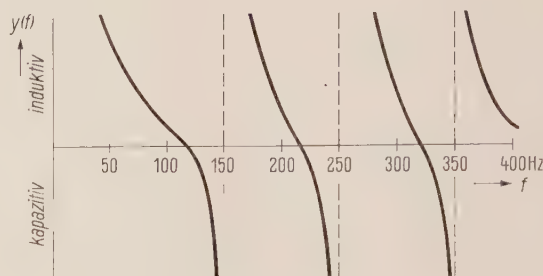


Bild 11 Siebschaltung für mehrere Oberwellen

je Transformator – auf Werte unter 1% begrenzt. Falls es erforderlich ist, können auch die Oberwellen höherer Ordnungszahl aus dem Hochspannungskreis abgesaugt werden, wenn die Siebschaltung entsprechend Bild 11 erweitert wird. Die Schaltung ist so abzustimmen, daß ihre Reihenresonanzfrequenzen mit der 3., 5., 7. . . Oberwelle übereinstimmen.

Bei passender Auslegung hat die gesamte Siebschaltung (L_K und L_S, C_S), bezogen auf die Grundwelle, eine Kompensationsleistung von etwa 95% der Leistung einer Kompensationsdrossel mit der Induktivität L_K . Der Ersatz der Drosselkompensation durch Siebschaltungen entsprechend Bild 10 oder 11 bedeutet also praktisch keine Einbuße an Blindstromkompensation.

In Bild 9 ist der Primärstrom der Kaskade abhängig von der Belastung aufgetragen. Die eingeschalteten Kompensationsdrosseln bewirken eine Blindstromkompensation bei 40% der Nennlast. Der Anteil der 3. Oberwelle im Primärstrom wird durch die Siebschaltung entsprechend Bild 10 auf 25 bis 50% der Werte ohne Oberwellenbegrenzung vermindert. Wegen der quadratischen Addition von Grund- und Oberwellenanteilen bleibt der Effektivwert des Primärstromes auch mit herabgesetzten Oberwellenanteilen praktisch gleich.

Mit der beschriebenen Siebschaltung lassen sich bestimmte Oberwellen aus dem Hochspannungskreis und aus dem Primärkreis absaugen. Gleichzeitig wird eine für

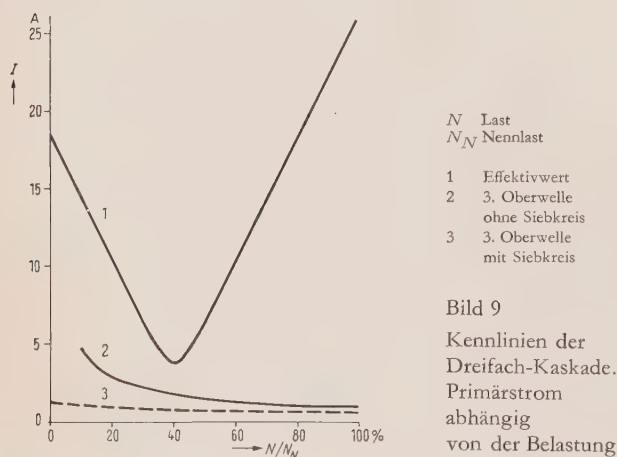


Bild 9 Kennlinien der Dreifach-Kaskade. Primärstrom abhängig von der Belastung

die wirtschaftliche Bemessung des Generators und der Erregerwicklungen erforderliche Blindstromkompensation erreicht.

Berechnung der Resonanzlagen

Aufgrund der am Modell gewonnenen Meßergebnisse erscheint es möglich, Prüfkaskaden bereits bei der Projektierung so auszulegen, daß die Kurvenform der Sekundärspannung im gesamten Lastbereich bestimmten Bedingungen – z. B. der eines Oberwellengehalts von weniger als 5% – genügt. Grundsätzlich könnte man für jedes Projekt mit vorgeschriebener Spannungskurvenform ein elektromagnetisches Modell bauen und anhand dieses Modells die erforderlichen Maßnahmen ermitteln. Glücklicherweise ist es jedoch möglich, störende Resonanzlagen im Lastbereich mit genügender Genauigkeit vorauszuberechnen.

Wie schon erwähnt, ist der Ursprung der Oberwellen in den Eisenkernen der Transformatoren zu suchen. Ein lineares Ersatzschaltbild der Prüfkaskade erhält man dann, wenn man nach HUETER [3] die Eisenkerne für jede einzelne Oberwelle durch einen Ersatz-Oberwellengenerator mit induktivem Innenwiderstand ersetzt. Eine numerische Auswertung der Gleichungen in [3] ergibt, daß diese Innenwiderstände groß sind im Vergleich zu den Streureaktanzen der Wicklungen, die ebenfalls in das Ersatzschaltbild eingehen, so daß anstelle des Ersatz-Oberwellengenerators mit hohem Innenwiderstand ein eingepprägter Oberwellenstrom angenommen werden kann.

Bild 12 zeigt die Schaltung eines Prüftransformators mit Eigenkapazitäten C_E und der Belastungskapazität (Prüfkapazität) C_P . Wenn man sich die Kapazität C_P gleichmäßig auf die beiden in Reihe geschalteten Hochspannungswicklungen 2 aufgeteilt denkt, erhält man die nur für Oberwellen gültige Ersatzschaltung entsprechend Bild 13. Für die drei Wicklungen des ersten Schenkels ist das Stern-Ersatzschaltbild mit den Streuinduktivitäten L_1 , L_2 und L_3 zu berechnen. Die Generatorinduktivität

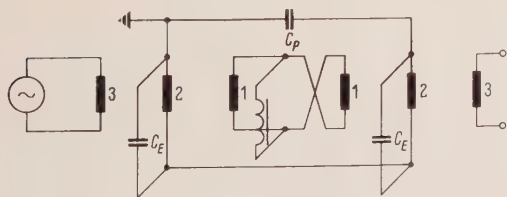


Bild 12 Schaltung eines Prüftransformators mit zwei bewickelten Schenkeln

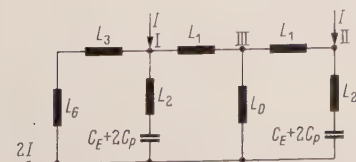


Bild 13 Ersatzschaltung eines Prüftransformators mit zwei bewickelten Schenkeln

L_G ist aus der Synchronreaktanz zu berechnen; ferner wird für den Generator angenommen, daß die Oberwellen-EMK E Null ist. Schließlich ist noch die Induktivität L_D der der Schubwicklung parallelgeschalteten Kompensationsdrossel in die Ersatzschaltung eingeführt. Die Wirkung des Eisenkerns wird durch die eingepprägten Ströme I vertreten.

Unter Vernachlässigung der Dämpfung erhält man die Resonanzbedingung aus den Knotenpunktgleichungen für die Knotenpunkte I bis III (s. Bild 13) mit den Oberwellenspannungen U_I bis U_{III} :

$$\begin{aligned} -(Y_1 + Y_2 + Y_3) U_I + Y_1 U_{III} &= -I \\ -(Y_1 + Y_2) U_{II} + Y_1 U_{III} &= -I \\ Y_1 U_I + Y_1 U_{II} - (2Y_1 + Y_4) U_{III} &= 0 \end{aligned} \quad (1)$$

Die Resonanzlagen sind dadurch bezeichnet, daß die Determinante der Koeffizienten des Gleichungssystems (1) Null gesetzt wird:

$$\begin{vmatrix} -(Y_1 + Y_2 + Y_3) & 0 & Y_1 \\ 0 & -(Y_1 + Y_2) & Y_1 \\ Y_1 & Y_1 & -(2Y_1 + Y_4) \end{vmatrix} = 0 \quad (2)$$

Zur Abkürzung wurden folgende Leitwerte eingeführt:

$$\begin{aligned} Y_1 &= \frac{1}{j\omega L_1} \\ Y_2 &= \frac{j\omega(C_E + 2C_P)}{1 - \omega^2 L_2(C_E + 2C_P)} \\ Y_3 &= \frac{1}{j\omega(L_3 + L_G)} \\ Y_4 &= \frac{1}{j\omega L_D} \end{aligned}$$

Die Auflösung der Gleichung (2) ergibt

$$\begin{aligned} -\frac{Y_2}{Y_1} &= 1 - \frac{1}{2 + \frac{L_1}{L_D}} + \frac{L_1}{2(L_3 + L_G)} \pm \\ &\pm \sqrt{\left(\frac{L_1}{2(L_3 + L_G)}\right)^2 + \left(\frac{1}{2 + \frac{L_1}{L_D}}\right)^2} \quad (3) \end{aligned}$$

$$(C_P)_{\text{Res}} = \frac{1}{2} \left(\frac{-Y_2}{Y_1} - C_E \right) \quad (4)$$

Für den unkompensierten Transformator ($L_D \rightarrow \infty$) ist die Lösung $\left(-\frac{Y_2}{Y_1}\right) = f\left(\frac{L_1}{2(L_3 + L_G)}\right)$ in Bild 15 dargestellt.

Bild 14 zeigt das entsprechende Ersatzschaltbild für die Kaskadenschaltung zweier Transformatoren entsprechend Bild 12.

Die Bestimmungs-
gleichung für die
Resonanzlagen
lautet in diesem Fall:

$$\begin{vmatrix} -(Y_1 + Y_2 + Y_3) & 0 & 0 & 0 & Y_1 & 0 \\ 0 & -(Y_0 + Y_1 + Y_2) & 0 & 0 & Y_1 & 0 \\ 0 & 0 & -(Y_0 + Y_1 + Y_2) & 0 & 0 & Y_1 \\ 0 & 0 & 0 & -(Y_1 + Y_2) & 0 & Y_1 \\ Y_1 & Y_1 & 0 & 0 & -(2Y_1 + Y_4) & 0 \\ 0 & 0 & Y_1 & Y_1 & 0 & -(2Y_1 + Y_4) \end{vmatrix} = 0 \quad (5)$$

mit den Leitwerten:

$$Y_0 = \frac{1}{j\omega \cdot 2L_3}$$

$$Y_2 = \frac{j\omega (C_E + 4C_P)}{1 - \omega^2 L_2 (C_E + 4C_P)}$$

$$Y_1, Y_3, Y_4 \text{ s. Gleichung (2).}$$

Ähnliche Gleichungen lassen sich auch für die Dreifach-Kaskade sowie für Kaskaden aus einschlenkig bewickelten Transformatoren (Manteltransformatoren) aufstellen.

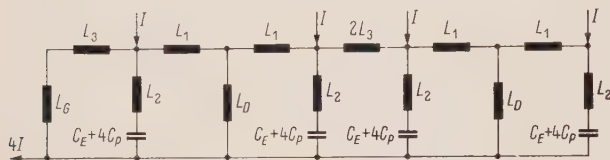


Bild 14 Ersatzschaltung einer Zweifach-Kaskade aus Prüftransformatoren mit zwei bewickelten Schenkeln

In den meisten Fällen ist eine analytische Lösung entsprechend Gleichung (3) nicht mehr möglich. Numerische Lösungen für eine Vielzahl von Parameterwerten wurden mit Hilfe einer Digitalrechenmaschine gewonnen.

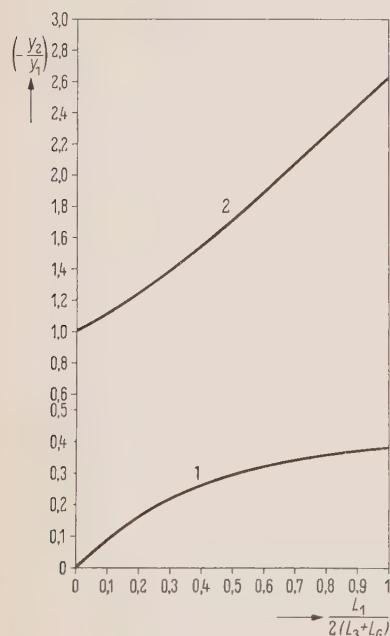


Bild 15
Hilfsdiagramm
zur Ermittlung der
Resonanz-
kapazitäten eines
Prüftransfor-
mators mit zwei
bewickelten
Schenkeln

Um die aus der Ersatzschaltung entsprechend Bild 13 errechnete Resonanzlage mit der am Modell gemessenen zahlenmäßig vergleichen zu können, wurde für den Fall der Dreifach-Parallelschaltung die Resonanzlage aus Bild 15 ermittelt.

Die Daten des Modells waren:

$$\begin{aligned} L_1 &= 1,57 \text{ mH} \\ L_2 &= -0,37 \text{ mH} \\ L_3 &= 1,9 \text{ mH} \\ L_G &= 4,5 \text{ mH} \\ C_E &= 12,53 \text{ } \mu\text{F} \\ C_N &= 49,2 \text{ } \mu\text{F} \end{aligned}$$

Benutzt man die für den Einzeltransformator gültige Kennlinie (Bild 15) zur Berechnung der Resonanzlage der Dreifach-Parallelschaltung, dann ist für L_G die dreifache Generatorinduktivität einzusetzen:

$$\frac{L_1}{2(L_3 + 3L_G)} = 0,051$$

Aus Bild 15 bzw. Gleichung (3) folgt:

$$\left(-\frac{Y_2}{Y_1}\right)_1 = 0,05 \quad \text{und} \quad \left(-\frac{Y_2}{Y_1}\right)_2 = 1,054$$

Setzt man den ersten Wert in Gleichung (4) ein, dann erhält man $(C_P)_{\text{Res}} = 11,83 \text{ } \mu\text{F}$ je Transformator. Die Resonanzlage der Parallelschaltung errechnet sich damit

$$\text{zu} \quad \frac{3(C_P)_{\text{Res}}}{C_N} 100 = 72\% \text{ der Nennlast.}$$

Dieser Wert C_N stimmt mit dem experimentell ermittelten Maximum nach Bild 8 (Parallelschaltung ohne Kompensation) gut überein. Setzt man hingegen $\left(-\frac{Y_2}{Y_1}\right)_2$ in

Gleichung (4) ein, dann erhält man als zweite Resonanzkapazität in diesem Fall ein Vielfaches der Nennkapazität. Von den maschinell durchgeführten Rechnungen ist in Bild 7 die gerechnete Resonanzlage für die Dreifach-Kaskade mit Kompensationsdrosseln eingetragen. Auch hier stimmen die Rechenwerte befriedigend mit den Meßwerten überein.

Falls die Rechnung eine störende Resonanzlage im Lastbereich wie in den angeführten Beispielen ergibt,

so müssen Abhilfemaßnahmen vorgesehen werden. Dabei kommen zwei Möglichkeiten in Betracht:

Verschiebung der Resonanzlage aus dem Lastbereich heraus oder

Unterdrückung der durch Resonanzanhebung besonders hervortretenden Oberwellen.

Die Resonanzlage läßt sich sowohl mit der bereits erwähnten Umschaltung von Kompensationsdrosseln verschieben als auch durch eine geeignete Bemessung der Synchronreaktanz des Generators oder der Kurzschlußreaktanz des vorgeschalteten Regeltransformators (bei Speisung aus dem Netz). Schließlich läßt sich die Reso-

nanzlage auch durch geeignete Bemessung der Einzelstreureaktanzen der Transformatoren verschieben.

Die Unterdrückung bestimmter Oberwellen wird durch die beschriebenen Siebschaltungen erreicht, gegebenenfalls unter Verwendung einer Blechsorte mit geringen Magnetisierungs-Stromoberwellen.

Schrifttum

- [1] Abetti, P. A.: Transformer Models for the Determination of Transient Voltages. Transactions AIEE III 72 (1953) 468 bis 480
- [2] von Schießl, Th.: Verbesserung der Spannungskurve der Prüftransformatoren. Tagungsbericht Weimar 1955, 677 bis 686. VEB-Verlag Technik, Berlin
- [3] Hueter, E.: Transformatoren als Oberwellenerzeuger. ETZ 54 (1933) 747 bis 750

Berechnung des optimalen Verbundbetriebes in Energieübertragungsnetzen

VON HANS EDELMANN

Im Verbundbetrieb arbeiten mehrere Kraftwerke auf ein Drehstromnetz. Einer besonderen Lastverteilerstelle kommt dabei die Aufgabe zu, die tages- oder auch stundenweise unterschiedliche Summe der von den Verbrauchern geforderten elektrischen Leistungen jeweils auf die einzelnen Kraftwerke wirtschaftlich optimal zu verteilen. Mit der Siemens-Datenverarbeitungsanlage 2002 [1] kann man Lastverteilerkurven mit verschiedenen Parametern im voraus berechnen und die Kraftwerke anhand der Kurven optimal steuern. Parameter können z. B. sein: unterschiedlicher Leistungsbedarf der Verbraucher, alle Kraftwerke in Betrieb, einige Kraftwerke abgeschaltet, einzelne Generatoreinheiten abgeschaltet. Bei vorgeschriebenem Leistungsbedarf P_L der Abnehmer müssen im vorliegenden Fall die zu erzeugenden Wirkleistungen P_i so auf die Kraftwerke verteilt werden, daß die Summe der Erzeugungskosten

$$\sum_{i=1}^n K_i$$

ein Minimum wird.

Hierin sind: K_i Kosten für Brennstoffe u. ä.

n Anzahl der Kraftwerke

Um die Berechnung zu vereinfachen, wurden früher die Wirkleistungsverluste im Drehstromnetz vernachlässigt. Für den Lastverteiler ergab sich in diesem Fall die vereinfachte Vorschrift, alle Kraftwerke bei gleich großen Zuwachskosten dK_i/dP_i zu betreiben.

Wenn man jedoch die Netzverluste berücksichtigt, so läßt sich je nach der Größe des vom Lastverteiler zu steuernden Netzes eine zusätzliche jährliche Einsparung

von mehreren hunderttausend DM erreichen. Die Einbeziehung der Netzverluste führt zu komplizierten Gleichungen. Nachfolgend wird auf die Berechnung der Lastverteilerkurven und der Minimalkosten näher eingegangen, wobei auch die Netzverluste berücksichtigt werden. Bei der Berechnung von Lastverteilerkurven wurde für die Netzverluste folgende Gleichung zugrunde gelegt [2, 3]:

$$P_V = \sum_{i=1}^n \sum_{k=1}^n B_{ik} P_i P_k \quad (1)$$

Diese Gleichung gilt unter der Voraussetzung, daß sich alle darin nicht auftretenden Abnehmerleistungen untereinander proportional ändern (Konformitätsbedingung). Zunächst werden zweckmäßigerweise die Koeffizienten B_{ik} der Gleichung (1) berechnet. Die Aufgabe, alle Wirkleistungen so auf die einzelnen Kraftwerke zu verteilen, daß die Erzeugungskosten ein Minimum werden, kann anhand der Kostenfunktion gelöst werden:

$$K = \sum_{i=1}^n F_i(P_i) = \text{Minimum} \quad (2)$$

Nebenbedingung ist:

$$\sum_{i=1}^n P_i - P_V = \sum_{i=1}^n P_i - \sum_{i=1}^n \sum_{k=1}^n B_{ik} P_i P_k = P_L = \text{konst.} \quad (3)$$

Mit Hilfe eines besonderen Rechenprogrammes wird das sich aus den Gleichungen (2) und (3) nach LAGRANGE ergebende Gleichungssystem [2, 4, 5, 6, 7, 8]

$$\frac{dK_i}{dP_i} = \lambda \left(1 - 2 \sum_{k=1}^n B_{ik} P_k \right) \quad (4)$$

gelöst. Die Ableitungen dK_i/dP_i werden, wie erwähnt,

EINSPEISELSTG.	VERLUSTLSTG.	ABNEHMERLSTG.	KOSTENSUMME	LAMBDA	
70,000	2,068	67,932	1754,426	16,924	
NR.	LEISTUNG	SIGMA	PV / PI	ZUWACHSKOSTEN	ABSOLUTKOSTEN
001	29,256	002	0,03660	15,520	844,038
002	14,628	002	0,01667	17,816	482,698
003	26,117	005	0,02886	15,957	427,689

ZAHL DER ITERATIONEN: 016

EINSPEISELSTG.	VERLUSTLSTG.	ABNEHMERLSTG.	KOSTENSUMME	LAMBDA	
80,000	2,714	77,286	1922,950	18,327	
NR.	LEISTUNG	SIGMA	PV / PI	ZUWACHSKOSTEN	ABSOLUTKOSTEN
001	34,992	002	0,04317	16,994	937,297
002	17,496	002	0,01961	18,564	534,873
003	27,512	006	0,03127	17,195	450,781

ZAHL DER ITERATIONEN: 017

Ausschnitt aus einer vom Fernschreiber ausgedruckten Lastverteiltertafel für ein Versuchsnetz mit drei Kraftwerken

Zuwachskostenwerte der Kraftwerke genannt; der Lagrange-Faktor λ hat hier zugleich die Bedeutung von Zuwachskosten, bezogen auf den sich proportional ändernden Leistungsbedarf der Abnehmer. Hierdurch ergibt sich zusammen mit Gleichung (3) eine Anzahl von $n + 1$ Gleichungen für ebenso viele Unbekannte $P_1 \dots P_n$ und λ . Man löst diese Gleichungen iterativ, und zwar sowohl bei vorgegebener Summe der Kraftwerkleistungen $\sum_{i=1}^n P_i$ als auch bei vorgegebenem Leistungsbedarf P_L der Abnehmer. Damit man eine Lastverteiltertafel (Bild) bzw. -kurve mit möglichst vielen Werten erhält, werden nacheinander verschiedene Werte für die gesamte Kraftwerksleistung oder den Leistungsbedarf der Abnehmer in die Gleichung eingesetzt.

Die Kurven der Zuwachskosten in der Form

$$f_i(P_i) = dK_i/dP_i$$

können beliebig aus Geradenstücken zusammengesetzt sein. Diese Geradenstücke dürfen auch waag-rechten und senkrechten Verlauf haben. Damit ist es außerdem für den Lastverteiler möglich, bei Bedarf Begrenzungen in die Rechnung einzuführen, also beliebige Kraftwerke oder Lasten auf bestimmten Leistungswerten festzuhalten.

Schließlich können auch die Netzverluste in Gleichung (4) unterdrückt werden, um den Einfluß dieser Verluste auf die Summe der Absolutkosten $\sum_{i=1}^n K_i$ (Optimierungsfehler in Geld) untersuchen zu können.

Der geschilderte Rechenvorgang ließe sich ohne weiteres mit Rechenschiebern oder Tischrechenmaschinen durchführen, falls die Zeit von einigen Wochen oder Monaten verfügbar wäre. In der Praxis kommt es jedoch

darauf an, daß der Lastverteiler alle Änderungen der Energieversorgung sehr schnell berücksichtigen kann. Mit der Datenverarbeitungsanlage 2002 lassen sich alle erforderlichen Rechnungen mit der notwendigen Genauigkeit in sehr kurzer Zeit lösen. Berechnet werden: die Koeffizienten der Verlustformel, die Lastverteiltertafel ohne oder mit Berücksichtigung der Netzverluste, der Optimierungsfehler [9].

Für ein großes Netz mit z. B. 50 Kraftwerken und Übergabestellen beträgt die reine Rechenzeit für eine Wertereihe im Mittel 1,5 min, für eine Lastverteiltertafel von 30 Werteserien etwa 45 min.

Die Siemens-Schuckertwerke haben für die täglichen Aufgaben des Lastverteilers das Analog-Rechengerät SIELOMAT [7, 8]

entwickelt. Mit diesem Gerät läßt sich besonders bei großen Netzen mit mehr als zehn Kraftwerken die optimale Leistungsaufteilung unter den Kraftwerken mit Berücksichtigung der Netzverluste schnell und sicher ermitteln. Zum Vorausberechnen der Verlustkoeffizienten, die von der Netzgestaltung abhängig sind und dem SIELOMAT einmal eingegeben werden müssen, sowie zum Ermitteln der Einsparungen durch Berücksichtigung der Netzverluste wird die Anlage 2002 verwendet, die die Berechnung mit der erforderlichen Genauigkeit ermöglicht. Der Vorzug des SIELOMAT liegt darin, daß er verhältnismäßig klein und damit preisgünstig ist.

Dieses Analog-Rechengerät, ergänzt durch Zusatzgeräte, ermöglicht auch einen Verbundbetrieb unter Einbeziehung der Leistungs-Frequenz-Regelung. Das Gerät ist leicht zu betätigen. Man kann z. B. sofort alle einzustellenden Kraftwerkleistungen an jeweils einem Instrument ablesen, außerdem lassen sich die Sollwerte durch das Einstellen von Potentiometern einzeln vorgeben.

Schrifttum

- [1] Lockemann, W.: Die Verarbeitung von Nachrichten im Digitalrechner 2002. Siemens-Zeitschrift **33** (1959) 175 bis 179
- [2] Bauer, H.: Verbundbetrieb mit geringsten Verlustkosten. ETZ-A **76** (1955) 389 bis 391
- [3] Edelmann, H.: Verlustformel für ein Verbundnetz und Ausmessung der Verlustkoeffizienten. ETZ-A **79** (1958) 561 bis 567
- [4] Bauer, H.: Optimaler Verbundbetrieb. Archiv für Elektrotechnik **42** (1955) 13 bis 25
- [5] Bauer, H.: Die Ermittlung der Verluste in Drehstromnetzen und das Optimierungsproblem des Lastverteilers. Elektrizitätswirtschaft **55** (1956) 180 bis 183
- [6] Bauer, H.: Günstigste Lastverteilung und Verluste in Drehstromnetzen. Elektrizitätswirtschaft **55** (1956) 600 bis 605
- [7] Bauer, H.: Der SIELOMAT, ein neues Rechengerät für den Lastverteiler (Vortrag, gehalten auf der VDE-Fachtagung »Anwendung elektrischer Rechenanlagen in der Starkstromtechnik«, Nov. 1957 in Stuttgart). VDE-Verlag, Berlin 1958
- [8] Bauer, H. und Edelmann, H.: Der SIELOMAT, ein Hilfsmittel des Lastverteilers für optimalen Kraftwerkeinsatz. Elektrizitätswirtschaft **57** (1958) 173 bis 180, 301 bis 307 und 389 bis 392
- [9] Edelmann, H.: Digitale Berechnung von Lastverteilerkurven für optimalen Verbundbetrieb auf der Siemens-Datenverarbeitungsanlage 2002. Elektronische Rechenanlagen **3** (1961) (in Vorbereitung)

TECHNISCHE BERICHTE

200 000 Fernsprech-Nebenstellenanschlüsse in ESK-Technik

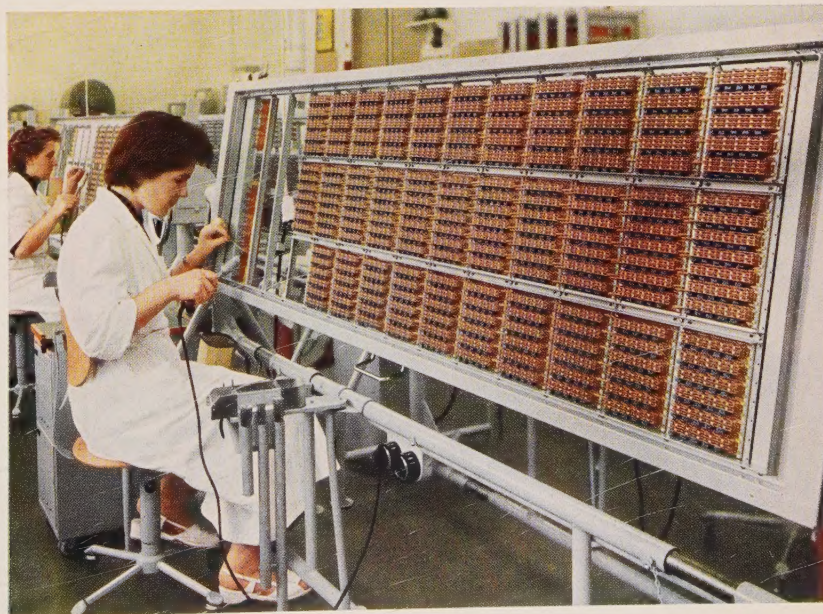
VON HANS HOBELSBERGER

Seitdem 1957 auf der Deutschen Industrie-Messe in Hannover zum ersten Mal eine Fernsprech-Nebenstellenanlage mit Edelmetall-Schnellrelais-Koppelfeld (ESK) gezeigt wurde [1], setzte sich das Edelmetall-Schnellrelais in der mittleren Nebenstellentechnik ungewöhnlich schnell durch: Bis jetzt konnten ESK-Nebenstellenanlagen mit 200 000 Anschlußeinheiten geliefert und in Auftrag genommen werden.

Diese Zahl und die Betriebserfahrungen bestätigen die Richtigkeit des seinerzeit beschrittenen Weges. Das Edelmetall-Schnellrelais ermöglicht auf wirtschaftliche Weise den Aufbau von praktisch entmechanisierten Koppelfeldern beliebiger Größe [2], in denen die Koppelpunkte ohne gegenseitige mechanische Abhängigkeiten elektrisch gesteuert werden. Der überaus einfache und anpassungsfähige Aufbau dieser Relais-Koppelfelder ist das kennzeichnende Merkmal der ESK-Nebenstellen-Zentralen, die in den Baustufen IIA bis II G, also für 2 bis 10 Amtsleitungen und 10 bis 100 Nebenstellen, gefertigt werden.

Die Durchschaltezeit des Edelmetall-Schnellrelais liegt unter 2 ms, so daß sich ein sehr schneller Verbindungsaufbau ergibt. Für eine hervorragende Sprachübertragung sorgen Edelmetall-Doppelkontakte in den Sprechstromkreisen. Hohe Betriebssicherheit und lange Lebensdauer bei geringster Wartung werden durch das neuartige Konstruktionsprinzip erreicht [3]. Aus wirtschaftlichen und fertigungstechnischen Gründen sind die Edelmetall-Schnellrelais zu Baugruppen mit je fünf Relais vereinigt. Stanzteile werden von zwei Seiten in den Spulenkörper eingeschoben; ihre Lage ist durch Rillen in den Führungskammern fixiert, so daß die gegenseitigen Abstände sichergestellt sind und jede Justiarbeit entfällt. Beim Zusammenbau sind weder Nieten noch Schrauben erforderlich.

Edelmetall-Schnellrelais-Koppelfelder
für mittlere Wähl-Nebenstellenanlagen
in der Fertigung
(Nachrichtentechnische Fabriken Berlin)



Ein besonderes Merkmal des Edelmetall-Schnellrelais sind die nur etwa 0,3 g schweren und unmittelbar vom Magnetfeld bewegten Kontaktfedern. Daß diese sogenannten Kontaktanker trotz des geringen Gewichtes die bei Fernsprech-Relais übliche Kontaktkraft aufbringen, wird durch einen Flußbügel erreicht, der auch bei voller magnetischer Durchflutung noch nicht gesättigt ist. Er kann also an die Kontaktanker über deren ganze Länge diejenigen Kraftlinien nachliefern, die sich durch Streuung verlieren. In noch stärkerem Maße wirkt sich der zusätzliche Fluß aus, den der Flußbügel im Arbeitsluftspalt erzeugt. Die auf den Kontaktanker wirkende Kraft wird dadurch gegenüber derjenigen Kraft, die der Ankerfluß allein erzeugen kann, um einen Betrag größer, der etwa dem doppelten Produkt der sich überlagernden Flüsse entspricht. Beim Edelmetall-Schnellrelais vergrößert sich die magnetische Kraftwirkung durch diese Flußüberlagerung um den Faktor 2,5.

Die ESK-Technik erfüllt alle Forderungen, die gegenwärtig und auch in Zukunft an Fernsprech-Koppelfelder gestellt werden. Aus diesem Grund ist ihr nicht nur in der Nebenstellentechnik ein so großer Erfolg beschieden. In der öffentlichen Fernsprechtechnik fanden Edelmetall-Schnellrelais ebenfalls Eingang, so in Relais-Mischwählern, in Relais-Suchwählern und Relais-Umwertern [4] – alles Einrichtungen, die vornehmlich an den Knotenpunkten der Landesfernwahl gebraucht werden und bei denen es in erster Linie auf extrem kurze Schaltzeiten sowie auf gleichbleibende Betriebseigenschaften auch nach vielen Millionen Schaltspielen ankommt.

Schrifttum

- [1] Kraust, R. und Strobelt, W.: Mittlere Wähl-Nebenstellenanlagen mit Edelmetall-Schnellrelais-Koppelfeld. Siemens-Zeitschrift 31 (1957) 180 bis 184
- [2] Lurk, H.-J.: »Entmechanisierung« der Fernsprech-Vermittlungstechnik. Feinwerktechnik 63 (1958) 15 bis 18
- [3] Wilhelm, H. und Braumann, G.: Das Edelmetall-Schnellrelais. Siemens-Zeitschrift 31 (1957) 177 bis 179
- [4] Villmann, W. und Vogel, H.: Weitere Anwendungsbeispiele für Edelmetall-Schnellrelais. Siemens-Zeitschrift 33 (1959) 338 bis 340

Gleisbildstellwerke für die Schweizerische Bundesbahn

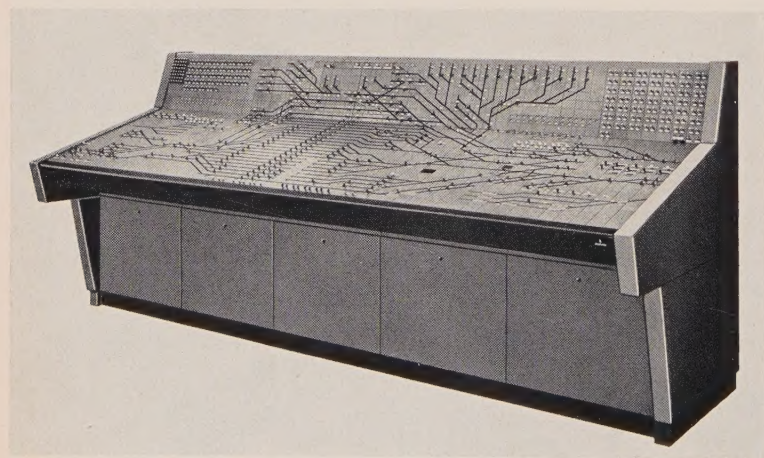
VON MAX ALTMANN

Der Wettbewerb zwischen Schiene und Straße zwingt auch die Eisenbahnverwaltungen aller europäischen Länder dazu, ihre betrieblichen und baulichen Einrichtungen dem neuesten Stand der technischen Entwicklung anzupassen und zu vervollkommen. Neben der Forderung nach Wirtschaftlichkeit darf jedoch diejenige nach Sicherheit des Schienenverkehrs nicht vernachlässigt werden. Die von Siemens & Halske in vielen Ländern erstellten neuzeitlichen Gleisbildstellwerksanlagen erfüllen beide Forderungen. Diese Anlagen ermöglichen eine weitgehende Zentralisierung größerer Stellbezirke; außerdem wird vor allem das Bedienungspersonal entlastet. Der immer stärker zunehmende Zugverkehr kann dadurch schneller abgewickelt werden als zuvor. In vielen Knotenpunkten läßt sich heute der Zugverkehr überhaupt nur mit Hilfe solcher zentraler Gleisbildstellwerke bewältigen.

Auch die Schweiz mit ihrem starken Transit- und Fremdenverkehr nutzt die Vorteile dieser Signaltechnik für die neuzeitliche Ausstattung ihrer Stellwerksanlagen aus, wobei solche Einrichtungen leicht an die besonderen Verhältnisse der Schweizerischen Bundesbahn angepaßt werden können. Beispielsweise wurden – bedingt durch die große räumliche Ausdehnung der Gleisanlagen – erstmals in der Schweiz Weichenantriebe mit Siemens-Drehstrommotoren für das Umstellen der Weichen vorgesehen.

Im Frühjahr 1961 wird in dem wichtigen Grenzbahnhof Buchs, über den der gesamte Verkehr von der Schweiz nach Österreich und dem Balkan rollt, ein Siemens-Gleisbildstellwerk in Betrieb gehen. Die Gesamtanlage des Bahnhofs umfaßt 131 Weichen, 19 Haupt- und 151 Rangiersignale; sie wird von einem Zentralstellwerk aus gesteuert und überwacht. Für das Auflösen und das Zusammenstellen von Güterzügen wurde ein besonderes Ablaufstellwerk mit automatischer Weichenstellung für 15 Weichen vorgesehen. Zwei Gleisbremsen, deren Steuereinrichtungen in den Ablauftisch eingebaut sind, regeln die Geschwindigkeit der ablaufenden Wagen. Drei Abläufe können am Ablaufberg vom Bergmeister oder vom Gleisbildtisch des Ablaufbezirkes vorgespeichert werden. In betriebsschwachen Tageszeiten läßt sich das Ablaufstellwerk abschalten; die Zug- und Rangierbewegungen werden dann vom Zentralstellwerk aus gesteuert.

Ein weiteres großes Gleisbildstellwerk befindet sich z. Z. im Bahnhof La Praille, dem Güterbahnhof von Genf, im Aufbau (s. Bild).



Gleisbildtisch des Bahnhofs von La Praille in der Schweiz

Über diesen Bahnhof wird der Güterverkehr zwischen der Westschweiz und Südfrankreich abgewickelt. An dieses Zentralstellwerk werden 162 Weichen, 18 Haupt- und 196 Rangiersignale angeschlossen. Um den starken Güterverkehr bewältigen zu können, wurde eine große Ablaufanlage mit 31 automatisch gesteuerten Weichen und vier Gleisbremsen eingerichtet. 42 Abläufe können vom Ablauftisch oder in betriebsschwächeren Zeiten sechs Abläufe vom Bergmeister vorgespeichert werden. Da hier die mit 15 kV Wechselspannung betriebenen Strecken der Schweizerischen Bundesbahn mit denen der französischen Bahnen, die mit 3 kV Gleichspannung gespeist werden, zusammengeführt sind, mußten besondere Einrichtungen für die fahrstraßenabhängige Steuerung der Fahrdrachtspannungen geschaffen werden.

Der Einbau eines weiteren Siemens-Gleisbildstellwerkes in Sion, einem Durchgangsbahnhof der Strecke Mailand–Westschweiz, ist bereits beendet. Diese Anlage wird voraussichtlich Anfang 1961 in Betrieb genommen. An dieses Stellwerk sind 57 Weichen, 14 Haupt- und 60 Rangiersignale angeschlossen.

Für alle drei Anlagen wurden vom Wernerwerk für Telegrafentechnik die Inneneinrichtungen – Stelltisch und Relaisanlage – geliefert und eingebaut. Die Außenanlagen – Weichenantriebe, Signale, Isolierstöße – wurden von der Schweizer Firma Integra geliefert und durch Personal der Schweizerischen Bundesbahn montiert.

Wiederinbetriebnahme von Città di Roma nach der Hochwasserkatastrophe in Mittelitalien

VON GÜNTER TREU

Etwa 130 km nördlich von Rom liegt in der Nähe eines Braunkohlenvorkommens das Dampfkraftwerk Città di Roma mit seiner Grubenanlage. Zwei Kraftwerksblocks mit Leistungen von je 36 MW liefern die erzeugte elektrische Energie über eine 150-kV-Doppelleitung nach Rom. Die Società Mineraria del Trasimeno (SMT) ließ die Anlage in den Jahren 1956 bis 1958 erbauen. Planung, Bauentwurf und Ausführung der maschinen- und elektrotechnischen Ausrüstung sowohl des Kraftwerks als auch der Grubenanlage lagen in den Händen eines deutschen Konsortiums unter der Führung der Siemens-Schuckertwerke.

Der Wassermangel am Aufstellungsort ist so groß, daß sich ein Rückkühlbetrieb mit Kühltürmen nicht durchführen läßt und der Einsatz einer Luftkondensationsanlage erforderlich war. Das Gelände zwischen dem Kraftwerk und der Grube wird nur von einem kleinen Fluß, dem Nestore, durchzogen, der fast während des ganzen Jahres kaum Wasser führt. Mit Rücksicht auf etwa eintretendes Hochwasser wurde die Kote 0,00 m des Kraftwerks durch Aufschüttungen um 1 m über den bis dahin bekannten maximalen Hochwasserpegel gelegt, und die Ufer des Nestore und seiner in der Nähe der Anlage liegenden kleineren Zuflüsse wurden eingedämmt.

Mitte September 1960 verursachten heftige Regengüsse in Nord- und Mittelitalien eine Hochwasserkatastrophe. Auch im Gebiet westlich der Kraftwerkanlage traten sämtliche Wasserläufe über die Ufer. Als Folge davon stieg der Wasserspiegel des Nestore am Sonntag, dem 18. September, in den ersten Abendstunden

sehr rasch an. Plötzlich entstand eine Flutwelle, vermutlich durch Rückstau an Geröllmassen im Flußbett östlich der Grube, der die Dämme des Nestore und seiner Zuflüsse nicht mehr standhalten konnten. Das Wasser flutete durch die Dammbrüche in die Braunkohlengrube. Aus den Überschwemmungsgebieten im Norden und Westen der Anlage strömten die Wassermassen durch die Kellerfensterschächte und die Kanäle der Abdampfleitungen in das Kraftwerk. Innerhalb weniger Minuten waren die Unterkellerungen samt der Rohr- und Kabelkanäle überflutet, und der Wasserspiegel erreichte seinen Höchststand mit 20 cm über Kote 0,00 m (s. Bild).

Im Zeitpunkt der Überflutung war das Kraftwerk mit beiden Maschinen in Betrieb und erzeugte eine Gesamtleistung von 40 MW. Da die Überschwemmung äußerst schnell vor sich ging, konnte nicht verhindert werden, daß durch Wassereinbrüche in den auf Kote 0,00 m aufgestellten stahlblechgekapelten 6-kV-Eigenbedarfs-Schaltanlagen schwere Kurzschlüsse auftraten, die zur Zerstörung einiger Leistungsschalter führten. Die Fernsprech- und Rufanlagen fielen ebenfalls aus.

Alle wichtigen Einrichtungen – Warte, Gleichstromanlagen, Lagerölversorgung für den Notbetrieb der Maschinen und der elektrische Schutz des Kraftwerks – sind oberhalb der Kote 4,0 m eingebaut, so daß das Kraftwerk auch unter diesen außergewöhnlichen Verhältnissen störungsfrei außer Betrieb genommen werden konnte. Knapp 15 min nach Einbruch der Flutwelle war die gesamte Kraftwerkanlage stillgesetzt.

Die 60 m langen Abdampfrohre der Turbinen (Durchmesser 2,60 m) verlaufen in einem unter Kote 0,00 m liegenden Kanal zur Luftkondensationsanlage. Durch das eingeströmte Wasser ergab sich hier ein Auftrieb von etwa 300 Mp. Dadurch verbogen sich die Rohrleitungen, und teilweise rissen ihre Verankerungen ab. Die Auftriebskräfte wirkten auch auf die Turbinen und ihre Fundamente, und die Gefahr einer Verlagerung der Maschinen war groß.

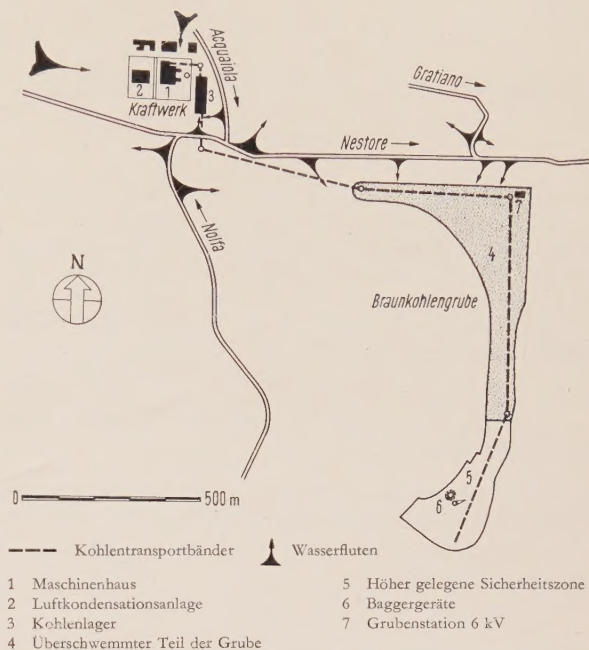
Während dieser Vorgänge füllte sich die Grube mit Wasser. Ein Teil der Transportbänder und ihre elektrischen Einrichtungen sowie die in der Grube aufgestellte 6-kV-Schaltanlage waren vollständig überflutet und befanden sich bis zu 12 m unter Wasser. Die gesamte Anlage des Kraftwerks glich einem verschlammten Baugelände und bot einen trostlosen Anblick.

Um die Sicherheit der Stromversorgung von Rom zu gewährleisten, mußte das Kraftwerk so schnell wie möglich wieder in Betrieb genommen werden. Nach Rückgang des Hochwassers hatte die Kraftwerkleitung am Morgen des 19. September unverzüglich das Auspumpen der Kellergeschosse (etwa 10 000 m³ Wasser) mit Hilfe von Feuerwehren veranlaßt. Die Siemens-Schuckertwerke wurden telefonisch von der Lage verständigt und um Entsendung von Spezialpersonal gebeten. Trotz starker personeller Auslastung gelang es, innerhalb kürzester Zeit Turbinen- und Schaltanlagen-Spezialisten zu entsenden, die bereits früher beim Bau der Anlage eingesetzt waren.

Zunächst war die elektrische Eigenbedarfsversorgung wieder herzustellen, um größere Pumpen, Hilfsmaschinen und die Beleuchtung in Betrieb nehmen zu können. Trotz der Schäden in der 6-kV-Eigenbedarfs-Schaltanlage gelang es am 21. September, von der 120-kV-Anfahranlage her die nicht blockgebundene allgemeine 6-kV-Schaltanlage unter Spannung zu nehmen. Das Auspumpen der Grube (etwa 500 000 m³ Wasser) konnte damit unter dem größtmöglichen Einsatz von Aggregaten voll aufgenommen werden.

Die beim Auspumpen freigelegten Hoch- und Niederspannungsgeräte wurden sofort demontiert, entschlammt, in ihre Einzelteile zerlegt und mit Hilfe improvisierter Elektro-Öfen mit Warmluft getrocknet. Es handelte sich dabei z. T. um empfindliche Einrich-

tungen, wie Relais, Zähler, Meßgeräte, Motoren und 6-kV-Leistungsschalter, die bis zu 14 Tage unter Wasser gestanden hatten. Entgegen allen Befürchtungen arbeiteten die Geräte nach dem Zusammenbau wieder einwandfrei. Nur wenige Teile, die aus Zeitmangel nach dem Abpumpen des Wassers nicht gleich gesäubert und



Einbruch der Wasserfluten in das Kraftwerk- und Grubengelände

getrocknet werden konnten, wurden durch Einwirkung des Luftsauerstoffes unbrauchbar. Das örtliche Kraftwerkpersonal hatte sich bei der Beseitigung der Schäden in Tag- und Nachtschichten mit vorbildlichem Eifer und bester Sachkenntnis eingesetzt.

Die Überprüfung der ersten Turbine ergab keine Anzeichen, die auf eine Veränderung der Ausrichtlage hätten schließen lassen. Die Abdampfleitung der Maschine wurde wieder gerichtet. Schäden an den 6-kV-Eigenbedarfschaltern konnten z. T. durch Einbau von Ersatzteilen beseitigt werden. Die zerstörten Schalter wurden entfernt und durch die noch funktionsfähigen Schalter des zweiten Blockes ersetzt. Am 10. Oktober, drei Wochen nach Eintritt der Katastrophe, konnte der erste Block bereits wieder angefahren und mit voller Leistung betrieben werden.

Die zweite Turbine zeigte bei der Prüfung keine nennenswerten Verlagerungen. Die Ausrichtarbeiten an den Abdampfleitungen gestalteten sich hier jedoch wesentlich schwieriger, weil eine Verspannung eingetreten war, die nur durch Einschweißen von Rohrsegmenten beseitigt werden konnte.

Um den Gesamtbetrieb des Kraftwerks schnell wieder aufnehmen zu können, war zwischenzeitlich die Neufertigung der zerstörten Geräte, besonders der 6-kV-Schalter, veranlaßt worden. Trotz der äußerst angespannten Liefersituation war es den Siemens-Schuckertwerken möglich, die Geräte in sehr kurzer Zeit zur Verfügung zu stellen. Am 26. Oktober, nur fünf Wochen nach der Hochwasserkatastrophe, konnte die zweite Turbine wieder in Betrieb genommen und mit voller Leistung eingesetzt werden.

In vorbildlicher Zusammenarbeit aller Beteiligten war es gelungen, die schweren Schäden in wirtschaftlicher Weise und in einer vorher nicht zu vermutenden kurzen Zeitspanne zu beseitigen.

KLEINE MITTEILUNG

LICHTFLUTER mit Xenonlampe als Hafenbeleuchtung

VON WERNER KIPPER

Im Hafen Duisburg-Ruhrort wurde vor einiger Zeit eines der 20 Hafenbecken 14 Tage lang versuchsweise mit einem LICHTFLUTER*, bestückt mit einer 20-kW-Xenon-Hochdruck-Longbogenlampe, beleuchtet. Um den gleichen Lichtstrom wie dieses Gerät ausstrahlen zu können, wären etwa 30 Scheinwerfer mit je einer 1000-W-Glühlampe erforderlich. Dieser Vergleich zeigt, welche Vorteile Xenonlampen besonders für die Beleuchtung großer Flächen bieten. Das erwähnte Hafenbecken in Duisburg-Ruhrort ist etwa 400 m lang und hat eine Fläche von über 100 000 m². Der LICHTFLUTER wurde auf einem in der Nähe befindlichen 32 m hohen Steuerturm angebracht.

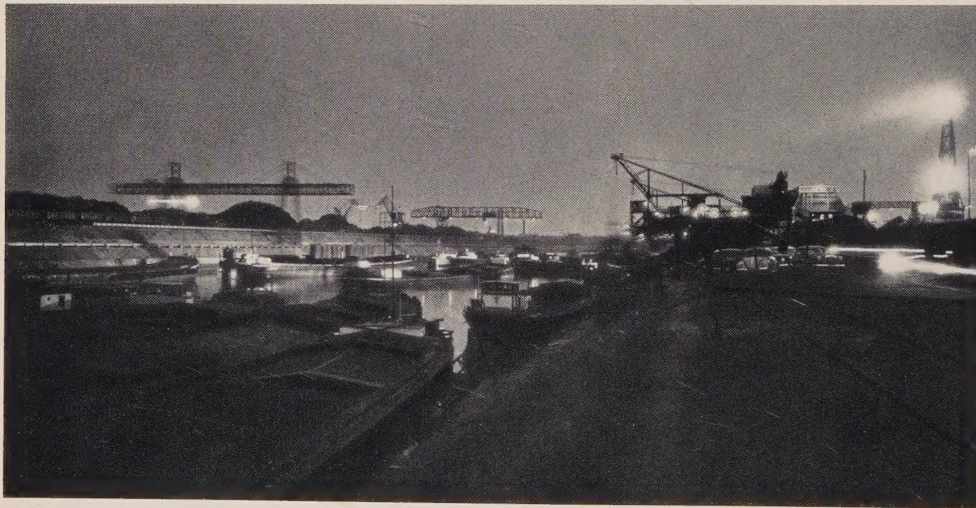
Ein Vorzug der Xenonlampen besteht in der tageslichtgleichen Lichtfarbe. Das ermöglichte es in dem vorliegenden Fall beispiels-

weise, die Signal- und Nationalitätsflaggen der Schiffe einwandfrei zu erkennen.

Beim LICHTFLUTER kann die Bündelung des Lichtes mit Hilfe von Reflektoren (hochglanz-eloxierte oder matt streuende Oberfläche) in der vertikalen Richtung beeinflußt werden. Die größtmögliche Streuung beträgt $\pm 10^\circ$, wobei sich in horizontaler Richtung immer eine starke Breitstrahlung von $\pm 60^\circ$ ergibt. Damit ist es möglich, von wenigen Punkten aus große Flächen gleichmäßig zu beleuchten. Der LICHTFLUTER mit Xenonlampe eignet sich gleichermaßen zur Beleuchtung von Häfen, großen Gleisfeldern, Lagerplätzen, Baustellen und Sportplätzen, aber – wegen der guten Farbwiedergabe – auch für Großmarkt- und Ausstellungshallen.

Das Vorschaltgerät wird am normalen Drehstromnetz angeschlossen. Ein eingebautes Hochfrequenzzündgerät sorgt durch einen kurzzeitigen Funkenüberschlag mit einer Spannung von etwa 70 000 V für die Zündung der Lampe. Um das Betriebspersonal nicht durch Hochspannung zu gefährden, verhindert eine Sicherheitsschaltung, daß bei geöffnetem LICHTFLUTER gezündet werden kann. Xenonlampen werden für Leistungen von 6, 10, 20 und 65 kW hergestellt.

* Eingetragenes Warenzeichen



Beleuchtung eines Hafenbeckens (links) mit einem LICHTFLUTER, 20 kW, angebracht an der Spitze eines 32 m hohen Steuerturmes (rechts)